

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

STEREOFONNÍ MIKROFONNÍ PŘEDZESILOVAČ S INTEGROVÁÝM
A/D PŘEVODNÍKEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETER TÓTH

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

**FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS**

STEREOFONNÍ MIKROFONNÍ PŘEDZESILOVAČ S INTEGORVAÝM A/D PŘEVODNÍKEM

STEREO MICROPHONE PREAMPLIFIER WITH INTEGRATED ADC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETER TÓTH

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. TOMÁŠ KRATOCHVÍL, Ph.D.

BRNO 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student: Peter Tóth

ID: 100291

Ročník: 3

Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Stereofonní mikrofonní předzesilovač s integrovaným A/D převodníkem

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

V teoretické části práce navrhnete obvodové zapojení dvoukanálového mikrofonního předzesilovače, který by obsahoval integrovaný A/D převodník. Při návrhu uvažujte symetrické vstupy předzesilovače, jeho konstrukci z dikrétních součástek, případně nízkošumových IO a digitální výstup S/PDIF A/D převodníku. Konstrukci zařízení doplňte vhodným napájením pro autonomní (mobilní) provoz zařízení.

V praktické části práce vytvořte kompletní konstrukční podklady k realizaci návrhu (schéma zapojení, návrh desky plošného spoje, rozložení a soupiska součástek, atd.). Navržené zařízení realizujte formou funkčního prototypu a experimentálním měřením v laboratoři nízkofrekvenční elektroniky ověřte jeho činnost. Výsledky měření zpracujte formou standardního protokolu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] WIRSUM, S. Abeceda nf techniky. Praha: BEN - technická literatura, 2003.
- [2] Texas Instruments [online]. Datasheet PCM2902 - Stereo Audio Codec with USB Interface, Single-Ended Analog Input/Output and S/PDIF. Texas Instruments, Inc., 2008 - [cit. 29. 9. 2010]. Dostupné na [www: http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/pcm2902.pdf](http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/pcm2902.pdf)
- [3] METZLER, B. Audio Measurement Handbook. Beaverton: Audio Precision, Inc., 1993.

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 27.5.2011

Vedoucí práce: doc. Ing. Tomáš Kratochvíl, Ph.D.

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Táto práca sa zaoberá konštrukciou mikrofónneho predzesilovača s integrovaným A/D prevodníkom, ktorý bude schopný mobilného provozu. V úvode je spomenutá história záznamu zvuku a parametre dielčích modulov navrhnutého zariadenia, ktoré sú pre našu aplikáciu najdôležitejšie vo všeobecnosti. V kapitole konštrukcie zariadenia sú jednotlivé moduly popísané.

KLÍČOVÁ SLOVA

mobilný mikrofónny predzesilovač, prevodník A/D, S/PDIF

ABSTRACT

The aim of this work is to design a mobile microphone preamplifier with integrated ADC suitable for in field work. In the introduction a general overview is presented about the history of sound recording and it also deals with the parameters of the devices designed in this work. In the next chapter the construction of each module is described.

KEYWORDS

mobile microphone preamplifier, A/D converter, S/PDIF

TÓTH, Peter *Stereofónny mikrofónny predzesilovač s integrovaným A/D prevodníkom*: bakalárska práca. Brno: Vysoké učenie technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačných technológií, Ústav radioelektroniky, 2011. 71 s. Vedúci práce bol doc. Ing. Tomáš Kratochvíl, Ph.D.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu semestrálního projektu doc. Ing. Tomášovi Kratochvílovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně

.....

(podpis)

OBSAH

1 Úvod	10
Úvod	10
2 Všeobecný rozbor problematiky	11
2.1 Historie záznamu zvuku	11
2.2 Zvuk	12
2.3 Parametry mikrofону	13
2.4 Parametry mikrofonního předzesilovače	14
2.5 Parametry AD převodníku	14
2.6 Parametry napájecího zdroje	15
3 Návrh práce	16
3.1 Celková konstrukce přístroje	16
3.1.1 Návrh systémové sběrnice	17
3.2 Modul mikrofonního zesilovače	18
3.2.1 Vstupní obvody	19
3.2.2 Popis obvodu PGA2505	20
3.2.3 Výstupní obvod mikrofonního modulu	22
3.2.4 Zapojení mikrofonního předzesilovače	23
3.3 Modul A/D převodníku	23
3.3.1 Popis obvodu PCM1804	23
3.3.2 Popis obvodu DIT4192	25
3.3.3 Komunikace mezi převodníkem a vysílačem	27
3.3.4 Generování hodinového signálu	27
3.4 Řízení činnosti přístroje	28
3.4.1 Popis mikrokontroléru ATmega8	28
3.4.2 Popis sériového rozhraní SPI	28
3.4.3 Řízení modulu převodníku A/D	29
3.4.4 Řízení modulu mikrofonního předzesilovače	29
3.5 Modul napájecího zdroje	30
3.5.1 Volba typu článků pro autonomní provoz	30
3.5.2 Měniče DC/DC	32
4 Konstrukce přístroje	33
4.1 Napájecí modul	33
4.1.1 Návrh zapojení	33
4.2 Modul ADC	34

4.2.1	Řízení přístroje mikrokontrolérem	35
4.2.2	Uživatelské rozhraní	35
4.2.3	Program pro řízení	36
4.3	Mikrofononní modul	38
5	Závěr	40
	Literatura	41
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	42
	Seznam příloh	43
A	Přílohy	44
A.1	Výkresová dokumentace	44
A.1.1	Schéma zapojení	44
A.1.2	Navrhy desek plošných spojů	51
A.1.3	Rozložení součástek	58
A.1.4	Vývojové diagramy řídicí aplikace	63
A.1.5	Rozpiska součástek	67

SEZNAM OBRÁZKŮ

3.1	Blokové schéma celkového zapojení přístroje.	16
3.2	Blokové schéma zapojení mikrofonního modulu.	19
3.3	Blokové schéma integrovaného obvodu PGA2505 ([2])	20
3.4	Struktura kontrolního slova integrovaného obvodu PGA2505 ([2])	21
3.5	Volič kanálu mikrofonního předzesilovače	22
3.6	Blokové schéma modulu převodníka A/D	24
3.7	Blokové schéma integrovaného obvodu PCM1804 ([3])	25
3.8	Bloková schéma integrovaného obvodu DIT4192 ([4])	26
3.9	Princip spojení zařízení SPI do řetězce	29
3.10	Blokové schéma napájecího modulu	31
A.1	Vývojový diagram pro obsluhu přerušení	63
A.2	Vývojový diagram pro řízení přerušení ovládacího prvku	64
A.3	Vývojový diagram pro nastavení registrů	65
A.4	Vývojový diagram hlavní funkce	66

SEZNAM TABULEK

3.1	Počet vodičů systémové sběrnice	18
3.2	Kmitočty hodinového signálu integrovaného obvodu PCM1804 ([3]) .	25
3.3	Podporované formáty výstupního datového toku ([3])	26
3.4	Násobitel kmitočtu vzorkování ([5])	27
3.5	Nastavení kmitočtu vzorkování ([5])	28
3.6	Proudové nároky jednotlivých integrovaných obvodů	32
4.1	Hlavní parametry obvodu LM2575 ([7])	33
4.2	Hlavní parametry integrovaného obvodu LM3481 ([8])	34
4.3	Hlavní parametry obvodu PCM1804 ([3])	34
4.4	Zapojení jednotlivých portů mikrokontroléra ATmega16	35
4.5	Struktura menu	36
4.6	Nastavení frekvence generátoru hodinového signálu ([5])	37
4.7	Nastavení systémového poměru kmitočtu a poměru převzorkování ([3])	37
4.8	Hlavní parametry obvodu PGA2505 ([2])	38
A.1	Rozpiska součástek mikrofonního modulu	68
A.2	Rozpiska součástek analógově-číslicovo převodníka	69
A.3	Rozpiska součástek modulu napájení	71

1 ÚVOD

Úkolem této práce je zkonstruovat mikrofonní předzesilovač s integrovaným AD převodníkem. Je určen na zaznamenání zvuku v terénu, proto je vybaven autonomním zdrojem energie. Přístroj disponuje mikrofonním předzesilovačem se symetrickým mikrofonním vstupem a nastavitelným ziskem. Pro kompatibilitu předzesilovače se starší, zejména analogovou technikou, je přístroj vybaven symetrickým analogovým výstupem linkové úrovně. Digitální výstup je optický s možností volby standardu S/PDIF nebo AES3.

Konstrukce přístroje je modulární. Přináší to řadu výhod, které u žádného podobného komerčně dostupného přístroje nenalezeme. Hlavní předností je možnost rozšiřování přístroje a velká flexibilita při skládání jednotlivých modulů.

V této práci budu navrženy tyto moduly:

- Mikrofonní modul
- Modul převodníku AD
- Zdrojový modul

2 VŠEOBECNÝ ROZBOR PROBLEMATIKY

2.1 Historie záznamu zvuku

Člověk chtěl již odedávna zanechat poselství budoucím generacím. S rozvojem techniky v 19. století vznikl i nápad mechanicky zaznamenat zvuk, který by bylo možné znovu reprodukovat. V roce 1857 vymyslel Francouz Eduard-Leon Scott de Martinie způsob, jak graficky znázornit a zaznamenat zvuk. Svůj přístroj nazval fonautograf. Opětovné přehrání těchto nahrávek se podařilo až v roce 2008. Dalším milníkem v historii záznamu zvuku bylo modifikace fonautografu Edisonem. Místo začazeného skla použil váleček potažený měkkým voskem, na který byly mechanické kmity zaznamenány jehlou. Hlavní nevýhodou tohoto systému byla obtížná sériová výroba válečků. Emile Berliner přišel s nápadem nahrávání zvuku na médium plochého tvaru, kde drážky jsou vryty (řezány) spirálovitě. Tak vznikla v roce 1887 gramofonová deska. Náklady na výrobu se snížily, hudba se dostala i na nejnedostupnější místa na světě a pomohla rozšířit kulturu. Zařízení, která byla doposud zmíněna, mají jednu společnou vlastnost: pracují na mechanickém principu.

Dalším významným objevem, který změnil způsob záznamu zvuku, byla elektronka, trioda (1907). Tímto vynálezem se už blížíme k našemu cíli. ve dvacátých a třicátých letech dvacátého století většina společnosti, která se zabývala záznamem a distribucí zvukových záznamů, přecházela na elektronický záznam pomocí mikrofónů. Zpočátku byl záznam elektromechanický, protože jako médium se využívala gramofonová deska. Dánský inženýr Valdemar Poulsen v roce 1899 vymyslel magnetický záznam na více druhů médií, ale nepoužíval žádný zesilovač. Svůj vynález v roce 1900 vystavil na světové výstavě v Paříži, kde měl možnost nahrát hlas císaře a krále Františka Josefa II. Tato nahrávka je nejstarším zachovaným magnetickým záznamem. Tento způsob záznamu byl dále zdokonalen firmou Marconi-Stille. Rychlost posuvu média (drátu) byla 80 cm/s. Tento druh záznamu zvuku byl používán britským BBC od roku 1932 do začátku padesátých let. S největší inovací magnetického záznamu přišli inženýři z německé firmy AEG a IG Farben. v roce 1935 zahájili komerční prodej prvního, z dnešního pohledu skutečného magnetofonu pod označením K1. Jako médium se použil pásek z celulózy, na který byla nanášena vrstva oxidu železitého, jako magnetická vrstva. v následujících letech byla kvalita záznamu zdokonalována. Největším přínosem bylo zavedení vysokofrekvenční předmagnetizace. Zvuk pohyblivých obrazů - v anglickém jazyku „motion pictures“ - byl v prvních systémech elektromechanický. Představitelem tohoto systému je například Vitaphone, kde byla gramofonová deska mechanicky synchronizovaná s promítačkou. Problémem tohoto systému byla nepřesná synchronizace zvukového

doprovodu s obrazem. Proto se hledala alternativní řešení. Jedním z nich byl optický záznam zvuku na okraj filmu. S příchodem magnetické pásky přišel i magnetický záznam. Zpočátku tvořil zvukový doprovod jednokanálový monofonní záznam. Z obavy konkurence ze strany televize, kde obraz i zvuk jsou „zdarma“, začala větší filmová studia inovovat kvalitu zvuku, vytvářet prostorový efekt.

Prvním celovečerním filmem s monofonním doprovodem byl film *The Jazz Singer* z roku 1927. Prvním filmem se stereofonním zvukovým doprovodem byl film *Listen, Darling* z roku 1938 a první film s prostorovým zvukem byl *Fantasia* od Walt Disney z roku 1940. Éra analogového zvuku se blížila k svému vrcholu. Byly položeny základy pro další rozvoj.

Dalším milníkem, i kdy menším, bylo vyvinutí technologie na potlačení šumu firmou Dolby labs a její uvedení na trh v roce 1966. v další dekádě se již objevují nové technologie, které zcela změnily pohled na záznam zvuku. Byl to čas nástupu digitální éry.

V sedmdesátých letech se mimo prudkého vývoje mikroprocesorů začala i éra digitálních magnetofonů tzv. digital reel to reel deck. Zvuk se zaznamenával na magnetický pás, který byl kvůli rozměrům umístěn na cívkách. Zvuk byl nekomprimovaný PCM. Osmdesáté letá můžeme označit jako desetiletí boomu digitálního zvuku do domácnosti. I kdy tzv. železná opona dostatečně stínila, i v Československu byla spuštěna výroba CD přehrávačů a byly vydány první kompaktní desky národním podnikem Supraphon. Objevil se i velmi populární formát pro digitální nahrávání – DAT, Digital Audio Tape. Jedinou nevýhodou digitálního záznamu na magnetický pásek na rozdíl od analogového je nemožnost editace pásek stylem ustříhnu a přilepím, protože se ztratí synchronizace a střih by byl velmi slyšet. v roce 1992 přišla firma Sony s další novinkou, která se stala velice populární. Byl to MiniDisc. Záznam je zaznamenán na magnetooptický disk průměru 2,5 palců v uzavřené krabici, podobně jako 3,5 palcová PC disketa se ztrátovou kompresí ATRAC. v následujících letech, díky prudkému vývoji osobních počítačů i mikroelektroniky, vznikají nová záznamová zařízení, která jsou schopna ukládat zvuk v různých formátech na různá média, od pevných disků až po různé paměti typu flash, které v budoucnosti možné budou dominovat na trhu.

2.2 Zvuk

Zvuk, jenž bude zaznamenán a který je nositelem pro nás důležité informace je z fyzikálního hlediska změna tlaku vzduchu.

Lidské ucho vnímá amplitudu jednotlivých frekvenčních složek logaritmicky, proto vhodnou veličinou va vyjádření hladiny akustického tlaku je decibel vztažená

na hodnotu $20\mu\text{Pa}$. Táto hodnota predstavuje dolný práh slyšiteľnosti. Frekvenčné pásmo ktoré je ľudské ucho schopné vnímať je medzi kmitočtami 20 Hz a 20 kHz. Pro vERNÝ záznam zvuku je nutné zaznamenať tohle frekvenčné pásmo v ideálnom prípade bez zkreslení a to jak lineárneho tak nelineárneho.

U reálnych systémů však ke zkreslením dochází. Jak veliké bude zkreslení zaznamenaného zvuku závisí na parametrech každého článku systému ale nejkritičtější jsou vždy vlastnosti prvního stupně.

2.3 Parametry mikrofону

Mikrofon je z technického hlediska sonda, která mechanickou energii zvuku přeměňuje na elektrickou. Tvoří první stupeň v nahrávacím řetězci, proto jsou parametry mikrofónu určujícím faktorem kvality nahrávky.

Hlavní parametry mikrofónu jsou:

- Charakteristická citlivost

Udává výstupní napětí při jednotkové změně tlaku vzduchu. Může se udávat v jednotkách mV/Pa nebo v decibelech vztaženo k 1mV/Pa. Pro udávání charakteristické citlivosti existují i jiné normy.

- Směrová charakteristika

Citlivost mikrofónu se mění v závislosti na úhlu mezi osou akustického zdroje a akustickou osou mikrofónu. Tuto vlastnost popisuje směrová charakteristika. Pro záznam zvuku při natáčení filmu mimo studia se nejčastěji užívá tzv. směrový (puškový) mikrofon, protože snímá v malém prostorovém úhlu. Pracuje na principu vlnové interference a tím dosahuje vysokého potlačení zvuku z bočních úhlů.

- Kmitočtová charakteristika

Vyjadřuje změnu výstupního napětí mikrofónu na kmitočtu zvuku. Pro kvalitní záznam řeči je nezbytné, aby mikrofon snímá zvuk od 50 Hz do 15 KHz.

Volba mikrofónu je závislá na účelu použití. Pro natáčení filmu je hlavním úkolem zaznamenať zvuk který je spojen s obrazem, který je snímán kamerou. Proto je směrovost mikrofónu důležitým parametrem. Při natáčení ambientního zvuku se nejvíce používá technika tzv. M-S, protože je slučitelná s mono nahrávkou a nevnikají zde problémy s fází obou kanálů.

2.4 Parametry mikrofonního předzesilovače

Pro věrný záznam zvuku potřebujeme zaznamenat kmitočtové pásmo od 20 Hz do 20 kHz s poklesem na mezních kmitočtech nejvíc 3 dB. Aby se minimalizoval šum vznikající v systému, je potřebné, aby zesilovač prvního stupně měl co nejlepší poměr signál/šum, což vyplývá ze Friisova vzorce o kaskádě zesilovačů. Nejdůležitější parametry předzesilovače:

- Zisk předzesilovače

Udává poměr výstupního napětí ke vstupnímu napětí. Vstupní napětí je závislé na charakteristické citlivosti a velikosti akustického tlaku snímaného zvuku. Při běžných situacích je na úrovni milivoltů.

- Poměr signálu ku šumu

Udává poměr výkonu výstupního (užitečného) signálu k výkonu výstupního šumu. Udává se v decibelech. Z praktického hlediska je považováno za dobrý poměrem odstup 65 dB a více. Pro digitální záznam se doporučuje mít poměr signálu k šumu předzesilovače větší než poměr signálu k šumu převodníku A/D.

- Kmitočtová charakteristika

Udává amplitudu výstupního signálu ku amplitudě vstupního signálu v závislosti na kmitočtu. Pro kvalitní záznam by měla být kmitočtová charakteristika vyrovnaná v slyšitelném pásmu tj. od 20 Hz do 20 kHz.

2.5 Parametry AD převodníku

Analogově digitální převodník má za úkol převést spojitý signál na časově nespojitý kvantovaný, který je na výstupu číselně vyjádřen a zakódován. Na vstup AD převodníku je přiveden signál, který je pomocí anti-aliasingového filtru typu „dolní propust“ kmitočtově upraven. Omezení kmitočtového pásma vstupního signálu je důležité kvůli zamezení aliasingu signálu v kmitočtovém pásmu (Shannon-Kotelníkův teorém). Vzorkovací a kvantizační obvod navzorkuje signál a ke každému vzorku přidělí číslo, které reprezentuje jeho hodnotu. Posloupnost těchto čísel je kóděm zakódována.

Hlavní parametry převodníku A/D jsou:

- Rozlišovací schopnost Po navzorkování jsou jednotlivé vzorky nakvantovány. Rozlišovací schopnost udává kolik hladin je při kvantování rozlišováno.
- Rychlost Rychlost převodníku určuje, jakou frekvencí se vstupní spojitý signál může navzorkovat.

Pro nahrávání akustických zvuků je potřebné zaznamenat pásmo alespoň od 20 Hz do 20 kHz. Nejvhodnějším je proto převodník typu Sigma-Delta, který je schopen

pracovat do kmitočtu vzorkování řádově stovek kHz a jeho rozlišovací schopnost dosahuje až 24 bitů.

Převodník pracuje na principu převzorkování (oversampling) a tvarování šumu (noise shaping).

2.6 Parametry napájecího zdroje

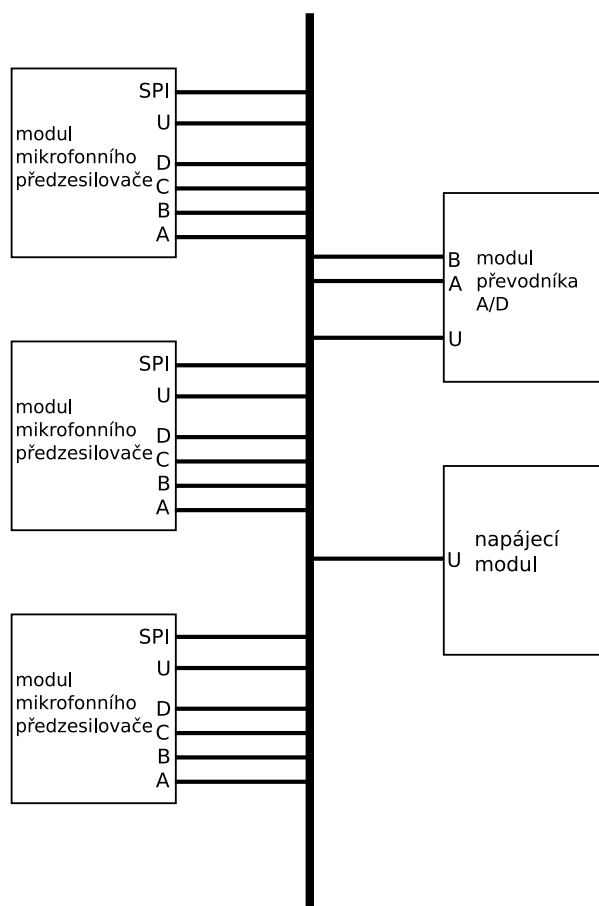
Kvalita napájecího zdroje do velké míry ovlivňuje kvalitu provozu zařízení. Důležité je oddělení napájení analogových a digitálních částí obvodu. Při navrhování napájecího zdroje pro přístroj s mobilním provozem je zdrojem elektrické energie buď primární články, nebo sekundární. Tyto články by měly mít nízký vnitřní odpor, velkou kapacitu na jednotku hmotnosti a malé samovybíjení. Nejvhodnějším řešením je v dnešní době Li-Ion akumulátor, ale vzhledem na složitost jeho nabíjení a ochrany, je jednodušším a levnějším řešením akumulátor typu Ni-MH. Napájecí napětí je potřebné vhodně stabilizovat, případně měničem DC/DC změnit jeho velikost nebo polaritu. Celkově musí zdroj vykazovat dobrou účinnost během vybíjení článků.

3 NÁVRH PRÁCE

3.1 Celková konstrukce přístroje

Přístroj je modulární koncepce. Tento typ konstrukce nám zajišťuje vysokou spolehlivost, protože v případě poruchy jednoho modulu se vadný modul vymění a přístroj může dále pracovat. Dalším přínosem je možnost změny konfigurace přístroje a jeho přizpůsobení aktuálním potřebám. Rozšiřování, nebo případná obnova, se může uskutečnit po částech. Nemusí se kupovat nový přístroj, což je finančně méně zatěžující.

Na propojení jednotlivých modulů se používá jednotná sběrnice. Je zkonstruována tak, aby pořadí modulů bylo zaměnitelné. Celkové blokové schéma je načrtnuté na obrázku 3.1.



Obr. 3.1: Blokové schéma celkového zapojení přístroje.

Napájení jednotlivých modulů je realizováno pomocí napájecího modulu. Pro provoz v terénu je vybaven akumulátorem a potřebná napětí jsou vytvořena pomocí

měníčů. Všechna napájecí napětí jsou připojena na sběrnici. Napájení analogových a digitálních obvodů je realizováno pomocí samostatných měničů. Tím je zajištěno oddělení napájení analogových a digitálních obvodů. Výstupní signál z jednotlivých mikrofonních předzesilovačů je vyveden na sběrnici, která má kapacitu čtyř kanálů A, B, C, D. Každý kanál je symetrický s možností aplikace externího stejnosměrného předpětí. Volba kanálu, kde bude výstup předzesilovače připojen, se nastavuje na modulu předzesilovače, a lze jej měnit.

Vstupy stereofonního převodníku A/D jsou připojeny fixně na kanály A a B. Kanály A a B tvoří standardní kanály pro stereofonní provoz. Všechny funkce přístroje jsou řízeny pomocí mikrokontroléru, který je umístěn v modulu převodníku A/D. Komunikace probíhá sériovým rozhraním SPI.

3.1.1 Návrh systémové sběrnice

Všechna potřebná propojení mezi moduly jsou realizována pomocí jednotné sběrnice. Hlavním požadavkem je, aby pořadí modulů bylo zaměnitelné. Sběrnice musí plnit tři hlavní funkce:

1. rozvod napájecího napětí
2. komunikace pomocí sériového rozhraní SPI
3. rozvod audio signálu

Jak bylo již v úvodu zmíněno, pro dosažení co nejlepší izolace analogových a digitálních částí napájení, je použito oddělené napájení pro oba druhy obvodů, proto i na systémové sběrnici musíme pro ně použít samostatný vodič. Řízení modulů je realizováno pomocí sériového rozhraní SPI, které pro řetězové propojení zabírá čtyři vodiče. Rozvod analogového audio signálu linkové úrovně slouží primárně k spojení výstupu modulu mikrofonního předzesilovače se vstupem modulu převodníku A/D. Pro možné rozšíření systému je systémová sběrnice navržena tak, aby bylo možné propojit čtyři kanály symetrického audio signálu. Každý kanál je doplněn možností aplikování stejnosměrného předpětí pro případ stejnosměrné vazby mezi modulem mikrofonního předzesilovače a modulem převodníku A/D. Celkové požadavky systémové sběrnice jsou shrnuty v tabulce: 3.1

funkce	typ	název vodiče	číslo vodiče
napájení	analogové	+48V	1
		+12V	2
		+5V	3
		+3,3V	4
Pokračování na další straně			

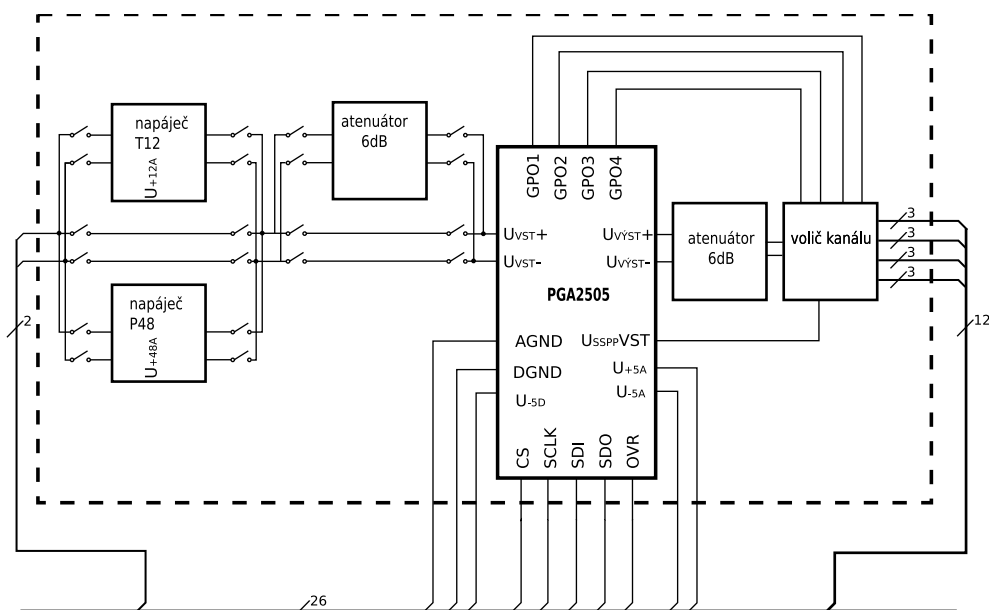
<i>Pokračování z předcházející strany</i>			
funkce	typ	název vodiče	číslo vodiče
	digitální	-5V	5
		AGND	6
		+5V	7
		+3,3V	8
		-5V	9
		DGND	10
řízení	SPI	SCLK	11
		!SS	12
		MISO	13
		MISO	14
audiosignál	kanál A	A+	15
		A-	16
		Ac	17
	kanál B	B+	18
		B-	19
		Bc	20
	kanál C	C+	21
		C-	22
		Cc	23
	kanál D	D+	24
		D-	25
		Dc	26

Tab. 3.1: Počet vodičů systémové sběrnice

K propojení jednotlivých modulů potřebujeme 26 vodičů. Z hlediska fyzického provedení modulu budu všechny obsahovat dva konektory na protilehlých stranách, ze kterých jeden bude zástrčka, druhý zásuvka stejného typu.

3.2 Modul mikrofonního zesilovače

Mikrofonní předzesilovač tvoří první článek našeho řetězce, proto požadavky na jeho kvalitu jsou největší. Protože se jedná o mobilní přístroj, je důležitým parametrem jeho celková spotřeba. Musíme tedy již při návrhu volit zapojení s menší spotřebou. Pro realizaci mikrofonního modulu jsem proto zvolil integrovaný obvod PGA2505 od firmy Texas Instruments. Blokové schéma zapojení modulu mikrofonního předzesilovače je na obrázku 3.2



Obr. 3.2: Blokové schéma zapojení mikrofonního modulu.

3.2.1 Vstupní obvody

Pro případ napájení kondenzátorových mikrofonů je modul mikrofonního předzesilovače vybaven napáječem P48 dle normy DIN 45596 a tzv. pozitivním napáječem 12T dle normy DIN 45595. Volba napájení je realizována pomocí otočného přepínače.

Napájení mikrofonů pomocí napáječe P48 vyžaduje napětí 48V. Kladné napětí je přivedeno na signálové vodiče mikrofonu přes sériové odpory 6,8k na omezení proudu. Dle normy DIN 45596 je maximální přípustný proud 10mA. Stejnosměrné napětí napájení je na vstupu odděleno pomocí kondenzátorů C. Napěťová ochrana je realizována pomocí Schottkyho diod D1,D2,D3,D4.

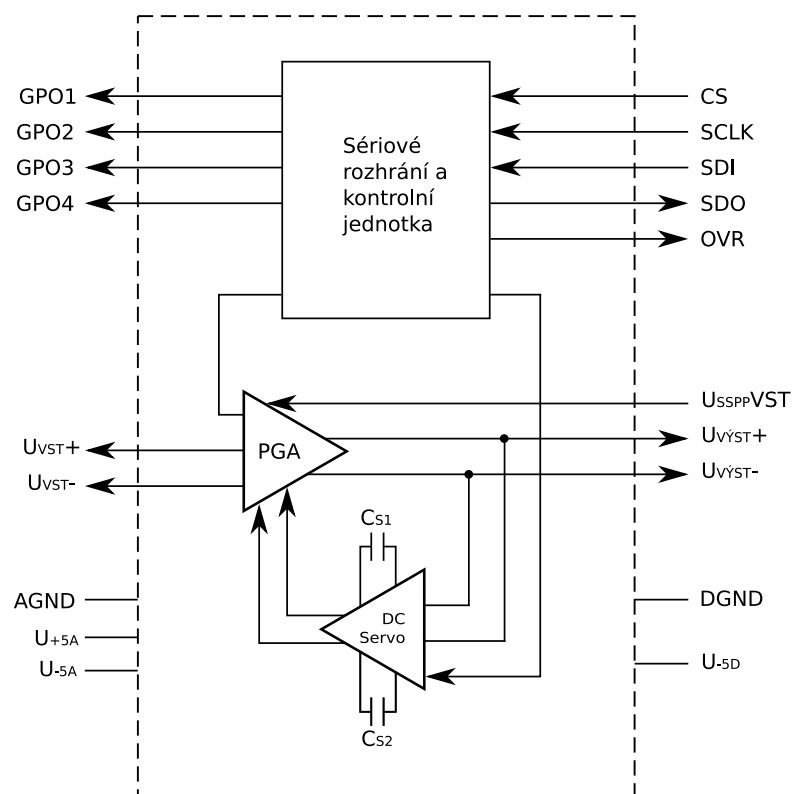
Systém 12T je popsán normou DIN 45595. Pro napájení se využívá napětí 12V. Kladné napětí je přivedeno přes odpor 180Ω na kladný vodič symetrického signálu, záporné napětí je přivedeno na záporný vodič symetrického mikrofonního vedení. V případě, že referenční hodnota napájení je vztažena k zemi, záporný vodič se přes odpor 180Ω připojí k zemi.

V novějších mikrofonech se používá téměř výhradně napájení popsané normou DIN 45596. Výhodou tohoto napájení je, že i v případě zapojení mikrofonu, který toto napájení nevyžaduje, nedochází k jeho destrukci. Pro napájení mikrofonů existují i speciální napájecí systémy, které jsou závislé na výrobci. Největší pestrost v systémech napájení měli kondenzátorové mikrofony s elektronickým předzesilovačem.

V případě, že výstupní napětí mikrofону je příliš veliké, je vstup vybaven volitelným atenuátorem 6dB.

3.2.2 Popis obvodu PGA2505

Integrovaný obvod PGA2505 je plně symetrickým mikrofonním předzesilovačem, který dle kvalitativních údajů výrobce splňuje požadavky i pro přístroje vyšší třídy. Blokové schéma integrovaného obvodu PGA2505 je na obrázku 3.3.



Obr. 3.3: Blokové schéma integrovaného obvodu PGA2505 ([2])

Funkce integrovaného obvodu jsou řízeny digitálně, pomocí mikrokontroléru, přes sériové rozhraní SPI. Pomocí tohoto rozhraní lze spojit více modulů do řetězce. Kontrolní slovo je délky 16 bitů. Struktura kontrolního slova je na obrázku 3.4.

Funkce obvodu PGA2505

Jednotlivé bity představují nastavení funkcí integrovaného obvodu. Nejdůležitější funkcí je nastavení zisku mikrofonního předzesilovače.

!DC	CM	ZC	OR	D4	D3	D2	D1	0	0	G5	G4	G3	G2	G1	G0
-----	----	----	----	----	----	----	----	---	---	----	----	----	----	----	----

Obr. 3.4: Struktura kontrolního slova integrovaného obvodu PGA2505 ([2])

Řízení zisku mikrofonního předzesilovače se nastavuje pomocí bitů G0, G1, G2, G3, G5 které reprezentují čtyři nejnižší bity kontrolního slova. Obvod může pracovat se ziskem 9 dB až 60 dB, případně ze zesílením rovné jedné, kdy signál jenom přepouští. Hodnotu zisku vyjádřenou v decibelech lze vypočítat následujícím vztahem:

$$A_{dB} = G5G4G3G2G1G0_2 \cdot 3_{10} + 6_{10} \exists G5G4G3G2G1G0_2 \in < 1, 17 >$$

. Pokud je hodnota všech bitů nastavení zisku nulová, pak je zesílení nastaveno na jednotkové. V případě, že hodnota těchto bitů je větší než 17, je hodnota zisku nastavena na úroveň 60 dB.

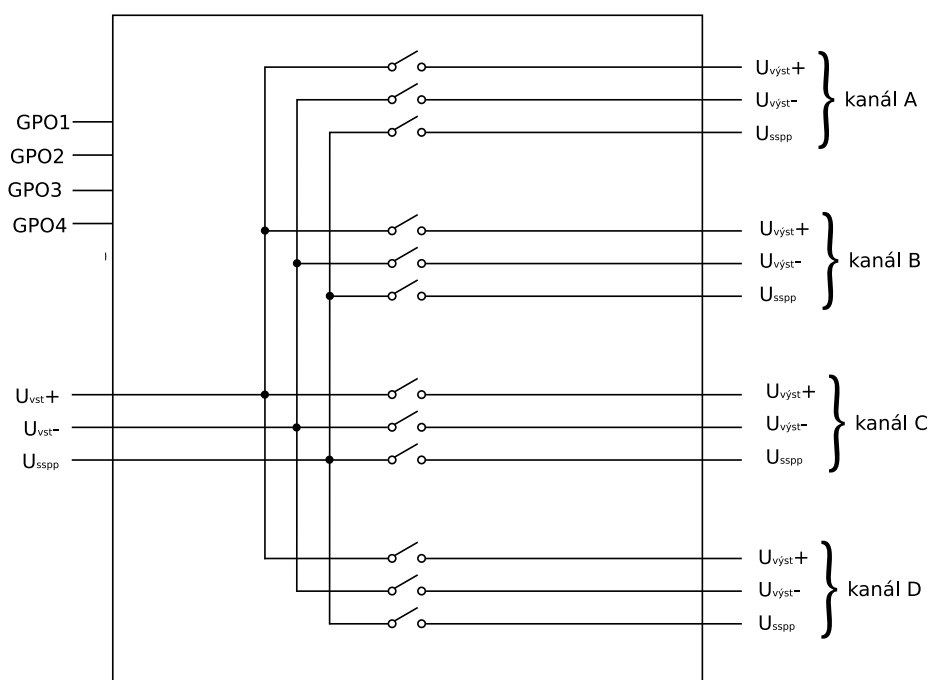
Pro řízení funkcí, které nejsou integrované v obvodu PGA2505, je k dispozici čtveřice digitálních výstupů GPO1, GPO2, GPO3, GPO4. Hodnoty těchto výstupů se nastavují pomocí bitů D1, D2, D3, D4. v modulu mikrofonního předzesilovače jsou použité pro výběr kanálu na propojovací sběrnici. Spínání je realizováno pomocí bistabilního relé. Blokové schéma spínacího podobvodu je na obrázku 3.5.

V případě, kdy hodnota výstupního signálu překročí určitou mezní hodnotu, na výstupu OVR se objeví napětí vysoké úrovně CMOS. Tento signál lze použít pro signalizaci přebuzení. Výstup OVR je připojen na diodu LED. Mezní hodnotu, kdy se objeví vysoká hodnota na výstupu, lze nastavit pomocí bitu OR. v případě nastavení bitu na logickou hodnotu 1, je práh úrovně přibližně 3 dB pod nominální výstupní úrovní. Pokud je hodnota bitu OR logická nula, je práh úrovně nastavena přibližně na 1 dB pod nominální úrovní.

K zamezení nežádoucího praskání v případě změny zisku lze nastavit, aby tato změna nastala v okamžiku, kdy signál prochází nulou. Tato funkce se nastavuje bitem ZC. Hlavní účelem této funkce je, že změna zisku nastává v okamžiku, kdy vstupní signál prochází nulou.

Vlivem konečného vstupního odporu (a v případě plovoucího zdroje) je parazitní souhlasný proud nejvíc ovlivněn vysokou impedancí zdroje. Obvod PGA2505 obsahuje pomocný obvod na potlačení vstupního souhlasného proudu, který je ovládán bitem CM. Funguje na principu souhlasné negativní zpětné vazby na symetrickém vstupu.

Obvod disponuje zpětnovazební smyčkou na minimalizaci vstupního offsetu. Z výstupu zesilovače je vedena zpětná vazba, ve které je zapojen stejnosměrný pomocný zesilovač "DC Servo Amplifier", který v případě detekce vstupního offsetu generuje



Obr. 3.5: Volič kanálu mikrofonního předzesilovače

chybový signál, který je vstupní částí předzesilovače zpracován a chyba vstupního offsetu je korigována. Rychlost odezvy zpětnovazební smyčky můžeme nastavovat pomocí dvou externích kondenzátorů, jeden zapojený na piny C_{S11} a C_{S12} a druhý na piny C_{S21} a C_{S22} . Obvyklá hodnota, doporučována výrobcem, je $1\ \mu\text{F}$. Větší hodnoty kapacity kondenzátoru dobu ustálení prodlužují, menší zkracují.

3.2.3 Výstupní obvod mikrofonního modulu

Výstup zesilovače lze připojit na vstup analogovo-číslicového konvertoru pomocí stejnosměrné vazby. Na nastavení velikosti stejnosměrného předpětí slouží vstupní pin V_{COMIN} . Může nabývat hodnot od 0 V po 2,5 V.

Výstup zesilovače je symetrický a je vyveden na piny V_{OUT+} a V_{OUT-} . Nominální výstupní úroveň signálu je 5,65 V. Aby bylo možné využít maximální zesílení obvodu při buzení vstupů převodníku PCM1804, je nutné zapojit atenuátor s útlumem 6 dB. Zapojení atenuátoru je uvedeno v appendixu.

3.2.4 Zapojení mikrofonního předzesilovače

Výhodou použití integrovaného obvodu PGA2505 je minimální nutnost použití externích diskretních součástek. v zapojení jsou použity jenom filtrační kondenzátory pro napájení analogových i digitálních obvodů. Hodnota jejich kapacity je zvolena podle doporučení výrobce. Dalšími externími součástkami jsou kondenzátory zpětnovazební smyčky pro minimalizaci vstupního offsetu. Velikost jejich kapacity je zvolena taktéž dle doporučení výrobce.

3.3 Modul A/D převodníku

Modul převodníku A/D je tvořen integrovanými obvody PCM1804, DIT4192, PLL1708 a ATmega8. Tenhle modul zajišťuje digitální převod signálu, jeho kódování a řízení celého zařízení. Pro připojení digitálního záznamového zařízení je vybaven digitálním rozhraním dle standardu S/PDIF na bázi optického rozhraní Toslink.

Pomocí mikrokontroléru ATmega8 jsou řízeny funkce převodníku, kóderu, generátoru hodinového signálu a modulů mikrofonního předzesilovače.

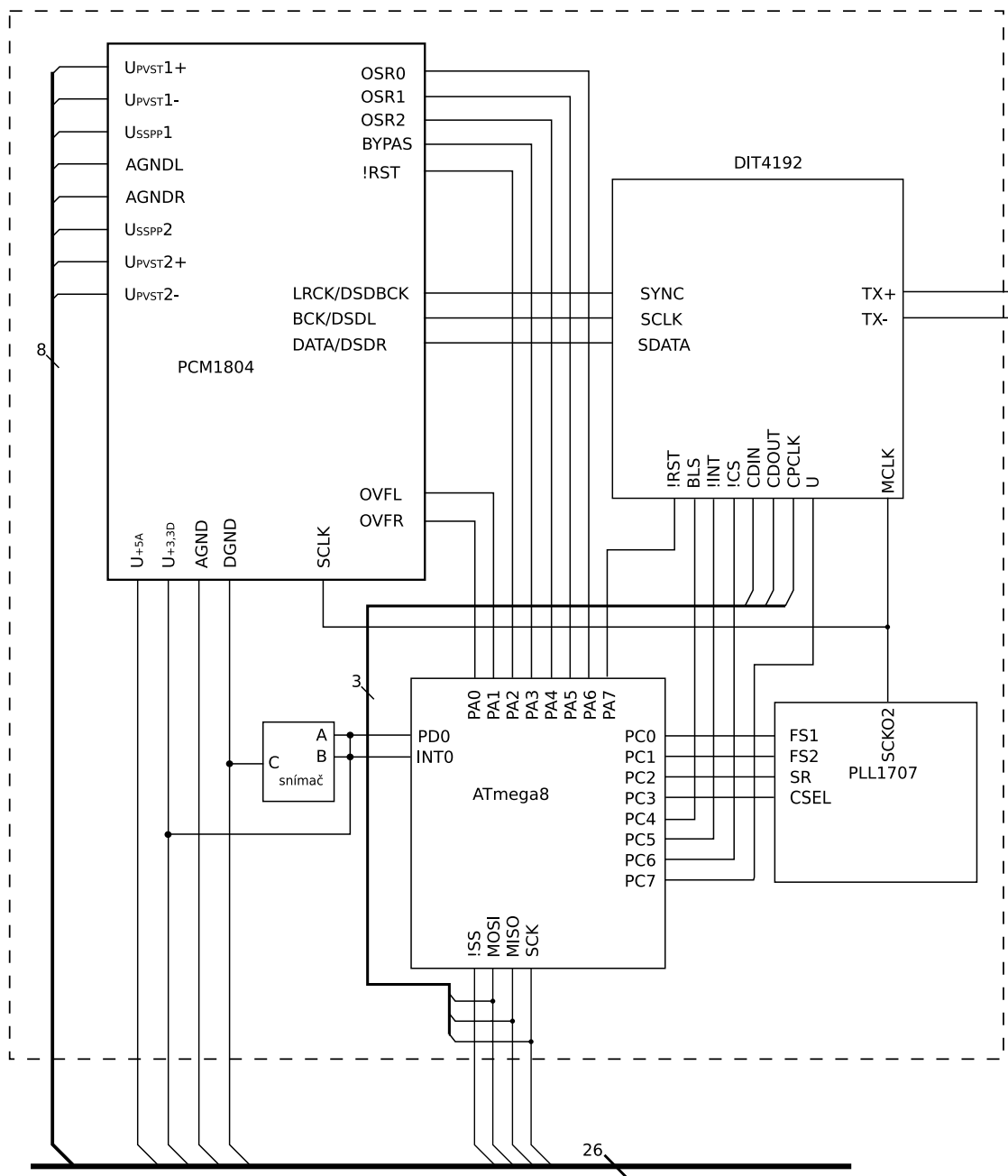
Schéma zapojení modulu je na obrázku 3.6.

3.3.1 Popis obvodu PCM1804

Základem modulu A/D převodníku je integrovaný obvod PCM1804. Tento obvod obsahuje převodník typu Sigma-Delta, který pracuje na kmitočtu 6,144 MHz s rozlišením 1 bit při kódování PDM. v teoretické části byly zmíněny hlavní výhody převodníku typu Sigma-Delta.

Blokové schéma obvodu PCM1804 je znázorněn na obrázku 3.7. Vstupní signál je přiveden na modulátor Sigma-Delta, kterým je 32, 64 nebo 128 násobně převzorkován. Referenční zdroj je typu band-gap. Výstupní signál modulátoru Sigma-Delta je modulován modulací PDM, který je při volbě výstupního formátu DSD vyveden na výstup integrovaného obvodu. Signál je pomocí decimálního filtru převeden na modulaci PCM a vysokofrekvenční složky jsou odstraněny. Filtrem typu „horní propust“ je odstraněna stejnosměrná složka. Pomocí sériového rozhraní je signál multiplexován do jednoho sériového toku.

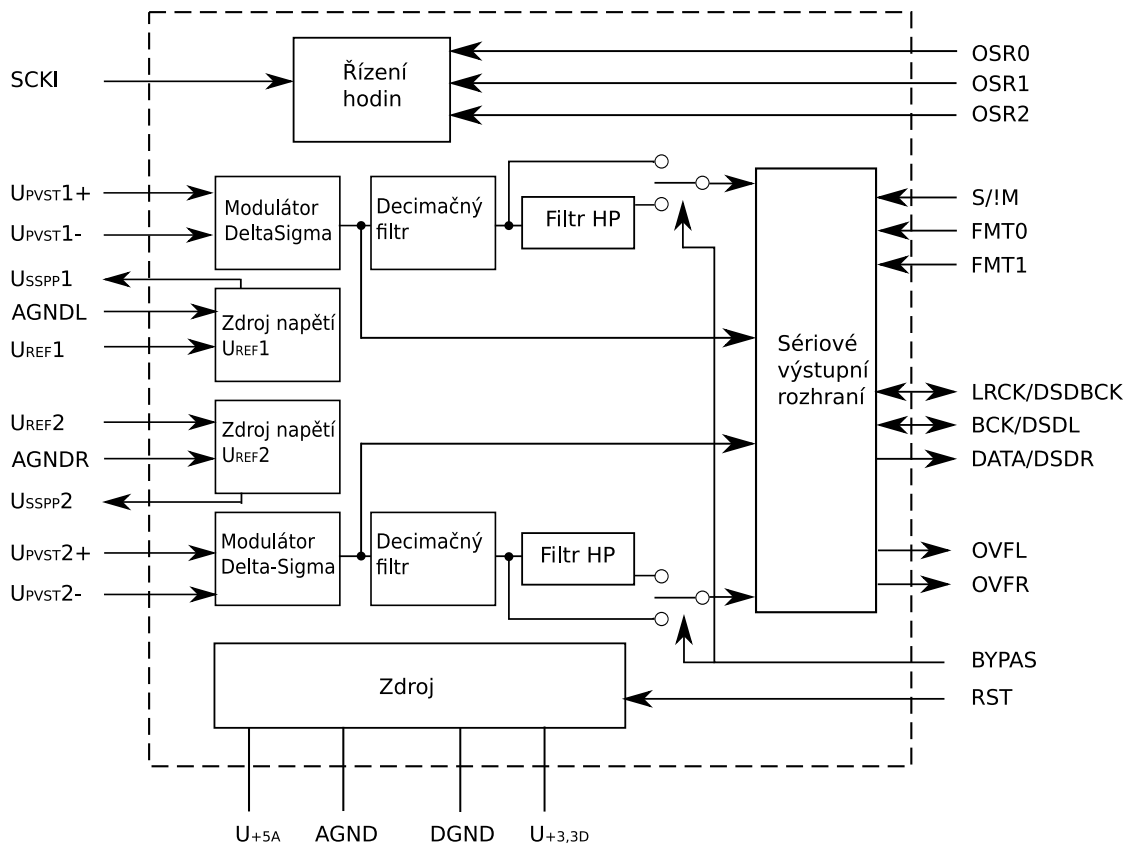
Vzorkovací kmitočet obvodu se nastavuje pomocí frekvence hodinového signálu. Obvod disponuje funkcí dvojnásobného a trojnásobného převzorkování. V režimu jednoduchého vzorkování je převodník schopen pracovat na kmitočtech 32 kHz, 44,1 kHz a 48 kHz. Při použití převzorkování se může volit základní kmitočet vzorkování 44,1 kHz nebo 48 kHz. v tabulce 3.2 jsou shrnuty vzorkovací kmitočty a potřebné hodinové kmitočty pro správnou funkci obvodu.



Obr. 3.6: Blokové schéma modulu převodníka A/D

Formát výstupního signálu sériového rozhraní se volí pomocí vstupů FMT0 a FMT1. Může se volit mezi modulací PCM a PDM. v případě modulace PCM je signál multiplexován do jednoho toku. Formáty výstupního signálu, které jsou podporované obvodem PCM1804, jsou shrnuty v tabulce 3.3.

¹Oversampling Ratio - Poměr převzorkování



Obr. 3.7: Blokové schéma integrovaného obvodu PCM1804 ([3])

OSR ¹	f_{vz} [kHz]	Řídicí hodinový kmitočet [MHz]					
		$128 \cdot f_{vz}$	$192 \cdot f_{vz}$	$256 \cdot f_{vz}$	$384 \cdot f_{vz}$	$512 \cdot f_{vz}$	$768 \cdot f_{vz}$
1	32	-	-	8,192	12,288	16,384	24,576
	44,1	-	-	11,2896	16,9344	22,5792	33,8688
	48	-	-	12,288	18,432	24,576	36,864
2	88,2	-	-	22,5792	33,8688	-	-
	96	-	-	27,576	36,864	-	-
3	176,4	22,5792	33,8688	-	-	-	-
	192	24,576	36,864	-	-	-	-
DSD	44,1	-	-	11,2896	16,9344	-	-

Tab. 3.2: Kmitočty hodinového signálu integrovaného obvodu PCM1804 ([3])

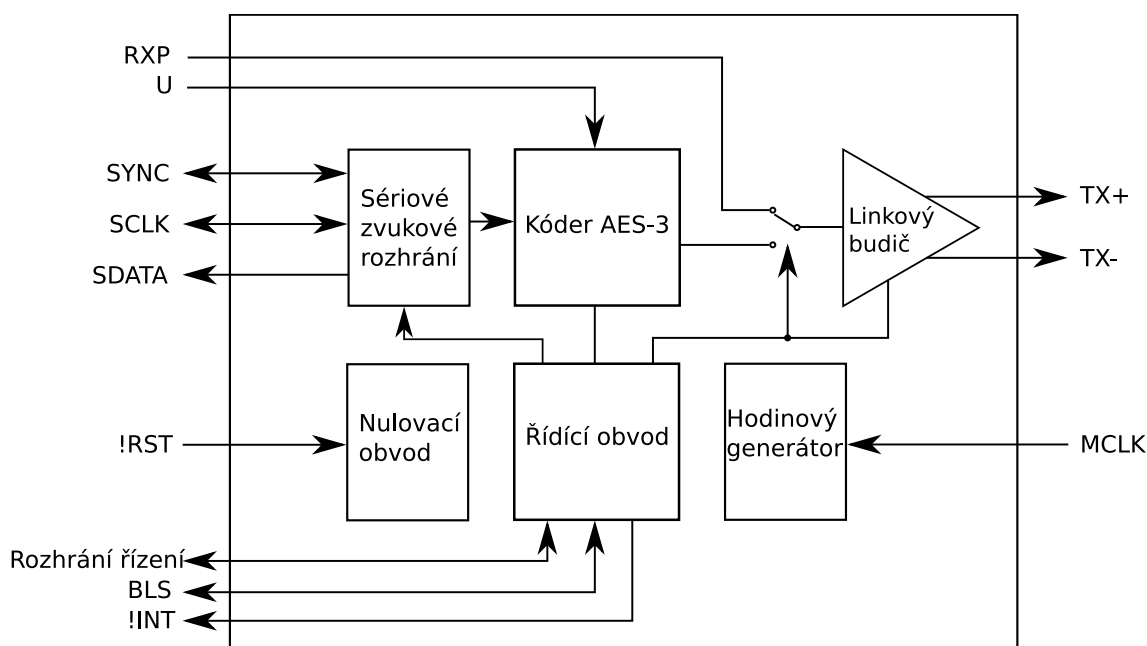
3.3.2 Popis obvodu DIT4192

Výstupní rozhraní je tvořeno obvodem DIT4192 od firmy Texas Instruments. Blokové schéma integrovaného obvodu je na obrázku 3.8. Vstupní rozhraní je tvořeno

FMT0	FMT1	formát výstupního signálu
vysoká	vysoká	PDM, 6,433MHz
nízká	vysoká	PCM, I2S, 24 bitů
vysoká	nízká	PCM, zarovnaný napravo, 24 bitů
nízká	nízká	PCM, zarovnaný nalevo, 24 bitů

Tab. 3.3: Podporované formáty výstupního datového toku ([3])

trojvodičovým sériovým rozhraním.



Obr. 3.8: Bloková schéma integrovaného obvodu DIT4192 ([4])

Obvod kóduje zvukový signál dle standardu AES-3, který je na softvérové úrovni kompatibilní se standardem S/PDIF. Struktura datového rámce je zobrazena na obrázku. Jeden datový rámec je rozdělen na dva subrámce po 32 bitech. Každý subrámec patří jednomu kanálu. Na začátku subrámce jsou preamble, která identifikuje subrámec. Preamble Z je identifikátorem prvního subrámce prvního rámce. Ostatní subrámce jsou značeny preamblemi X pro první subrámec ostatních rámců, preambulí Y pro druhý subrámec všech rámců. Nejdůležitějšími bity, které nesou přidané informace, jsou bity 28 až 31. Bit v je tzv. Validity bit, který vyjadřuje platnost dat. Uživatelská data a stavové informace jsou zaznamenány bity U a C, které jsou načteny po 192 rámcích. Ze stavových dat je z pohledu naší úlohy nejdůležitější první bit, který značí použití digitálního signálu pro profesionální použití nebo domácího.

Obvod je řízen pomocí mikrokontroléru ATmega8 přes čtyřvodičové sériové rozhraní.

3.3.3 Komunikace mezi převodníkem a vysílačem

Výstupní rozhraní převodníku je sériové, trojvodičové. Oba kanály jsou časově multiplexovány do jednoho toku. Jednotlivé bity jsou synchronizovány pomocí signálu BCK. Pomocí signálu LRCK se určuje, zda se právě přenáší levý nebo pravý kanál. Samotná zvuková data jsou přenášena signálem DATA.

Kodér DIT4192 i převodník A/D mohou pracovat v režimech master a slave. Rozdíl mezi oběma módy spočívá v tom, že generátorem hodinových synchronizačních signálů pro jeden bit i pro jedno slovo je vždy zařízení master. Směr toku dat zvukového signálu je vždy dán samotným zařízením, z čehož logicky vyplývá, že u převodníku A/D bude signál DATA výstupem a u kodéru DIT4192 výstupem.

3.3.4 Generování hodinového signálu

Hodinový signál potřebný k řízení vzorkování a ke kódování signálu pro rozhraní S/PDIF je realizován pomocí generátoru s fázovým závěsem. Integrovaný obvod, který tuto funkci plní, je typu PL1707 od firmy Texas Instruments, který je určen právě pro generování hodin v audio/video aplikacích.

Obvod disponuje čtyřmi výstupy hodinového signálu. Kmitočet hodinového signálu je násobkem vzorkovacího kmitočtu převodníku. Násobitelé jednotlivých výstupů jsou zobrazeny v tabulce 3.4.

výstup	násobitel
CSKO0	768
SCKO1 ²	768, 512
SCKO2	256
SCKO3	384

Tab. 3.4: Násobitel kmitočtu vzorkování ([5])

Výstupy SCKO0 a SCKO1 mají pevně dány vzorkovací kmitočty. U výstupů SCKO2 a SCKO3 lze vzorkovací kmitočet nastavit pomocí vstupů FS1 a FS2. Možnosti nastavení jsou shrnuty v tabulce 3.5.

Aby byla zajištěna co nejlepší synchronizace převodníku s kodérem S/PDIF pro řízení, bude využit jeden výstup. Aby bylo možno využít celý potenciál převodníku i kodéru, obvody budou využívat výstup SCKO2.

FS1	FS2	vzorkovací kmitočet [kHz]
nízká	nízká	48
nízká	vysoká	44,1
vysoká	nízká	32

Tab. 3.5: Nastavení kmitočtu vzorkování ([5])

3.4 Řízení činnosti přístroje

Řízení zařízení je realizováno pomocí mikrokontroléru ATmega8. Vstupní rozhraní tvoří rotační mechanický snímač polohy, který obsahuje i spínač. Stiskem tlačítka lze přepínat mezi jednotlivými nabídkami. Nabídka je rozdělena na více sekcí, mezi kterými se přepíná stiskem tlačítka mechanického snímače polohy. Hlavní nabídky přístroje jsou:

1. nastavení režimu přístroje
2. nastavení vzorkovacího kmitočtu převodníku A/D

Každá nabídka obsahuje ještě možnost volby podnabídky. Volba podnabídky se provádí dlouhým stisknutím tlačítka.

3.4.1 Popis mikrokontroléru ATmega8

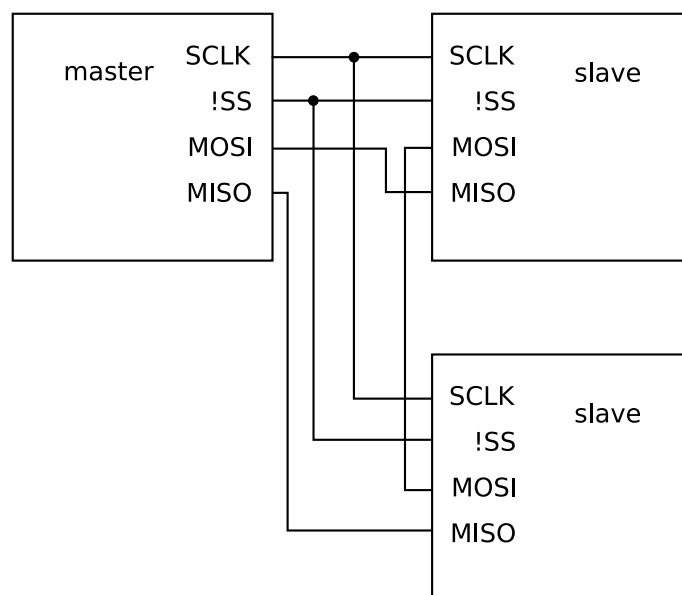
Aby byly všechny funkce obsluhovány co nejmenším množstvím prvků, je zařízení řízeno pomocí mikrokontroléru ATmega8 od firmy Atmel. Mikrokontrolér má implementovány čtyři porty, označené A, B, C, D. Každý port obsahuje osm pinů, které se mohou použít jako všeobecné vstupně-výstupní piny, nebo alternativně slouží jako přístupové rozhraní k interním perifériím.

3.4.2 Popis sériového rozhraní SPI

Řízení externích modulů se provádí pomocí sériového rozhraní SPI. Všechny přístroje jsou propojeny do řetězce tzv. Daisy chain. Blokové schéma všeobecného propojení je na obrázku 3.9.

V řetězci je jedno zařízení tzv. master, všechny ostatní jsou tzv. slave. Komunikace probíhá po čtyřech vodičích. Zařízení jsou aktivována pomocí signálu !SS a komunikace probíhá od zařízení master k zařízení slave pomocí signálu MOSI, naopak pomocí signálu MISO. Synchronizace zařízení je zajištěna pomocí hodinového signálu SCLK.

Základ řetězcového spojení spočívá v tom, že obvody komunikující pomocí rozhraní, které funguje jako posuvný registr. Při přechodu úrovně vstupního signálu pinu !SS z vysoké do nízkého stavu se aktivují piny MOSI a MISO. Hodinovým



Obr. 3.9: Princip spojení zařízení SPI do řetězce

signálem SCLK jsou na vstup přiváděna data a na výstupu se objevuje signál z poslední pozice registru. Následně po dokončení komunikaci a po přechodu signálu !SS z nízké úrovně do vysoké se hodnoty zapsané do registru daným zařízením zpracují a piny MOSI a MISO se nastavují na stav vysoké impedance.

Tento princip je použit i v tomto zařízení. Dosáhlo se tím snížení počtu přepojovacích drátů a mimo to nám dává možnost připojení téměř nekonečného množství řízených obvodů.

3.4.3 Řízení modulu převodníku A/D

Všechny funkce modulu převodníku A/D jsou řízeny mikrontrolérem ATmega8. Kontrolní piny, stejně jako i výstupní piny přetečení, jsou napojeny na port A mikrontroléru ATmega8. Všechny funkce jsou pak řízeny změnou registrů příslušného portu mikrontroléru. Vstupní rozhraní je tvořeno mechanickým otočným snímačem polohy.

3.4.4 Řízení modulu mikrofonního předzesilovače

Ovládání funkcí modulu mikrofonního předzesilovače probíhá přes sériové rozhraní SPI. Délka jednoho slova instrukce je 16 bitů. Systémová sběrnice obsahuje čtyři vodiče pro sériové rozhraní SPI. Mikrontrolér ATmega je napojen na systémovou

sběrnici přes piny !SS, MISO, MOSI, SCK, které tvoří rozhraní SPI. Mikrofonní moduly jsou napojeny taktéž na tuto sběrnici. Nadřazeným zařízením v řetězci SPI je mikrokontrolér, proto zahájení komunikace probíhá od tohoto zařízení, i hodinový signál je generován tímto obvodem.

Přístroj může pracovat ve více režimech, které vyžadují různé řízení zisku předzesilovačů. v režimu monofonního záznamu je signál výstupu předzesilovače napojen na kanály A a B systémové sběrnice. Hlasitost se nastavuje na každém modulu mikrofonního předzesilovače zvlášť. Pokud se nahrává v režimu stereo, výstupy modulů mikrofonního předzesilovače jsou přivedeny takto: levý na kanál A systémové sběrnice, pravý na kanál B systémové sběrnice. Jejich zisky se musí nastavovat shodně. Pokud je do přístroje zapojeno více, než dva moduly mikrofonního předzesilovače, budou tyto ignorovány. Výjimku tvoří zvláštní případ stereo režimu, tzv. M-S techniky, kdy je potřebné použít tři moduly mikrofonního předzesilovače. v tomto režimu je zisk středního a bočních mikrofonů nastavován zvlášť. Posledním režimem je dvoustopé nahrávání, kdy jsou mikrofonní předzesilovače nastaveny na samostatné kanály systémové sběrnice a každý z nich má samostatné řízení zisku.

Pokud se snímačem polohy otočí, vytvoří se impulsy, které jsou přivedeny na vstup pinu přerušení INT0 a pin PD0. Mikrokontrolér sleduje sled impulsů a dle toho inkrementuje, nebo dekrementuje hodnotu zisku zesilovače. Stiskem snímače se nastavuje režim činnosti přístroje.

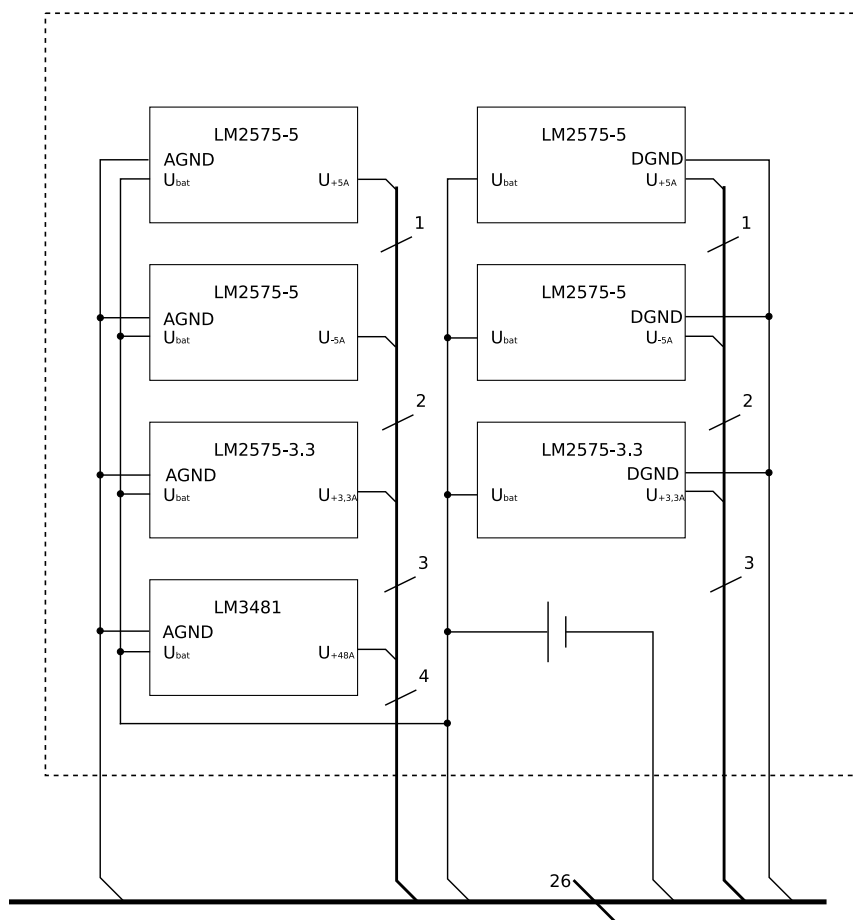
3.5 Modul napájecího zdroje

Napájení přístroje je zajištěno pomocí tohoto modulu. Provoz jednotlivých modulů vyžaduje různá napájecí napětí, proto je nutné tyto napětí vytvářet buď pomocí transformátoru, nebo pomocí měničů DC/DC. Jelikož je přístroj primárně určen na provoz mimo střídavé elektrické rozvodové sítě, je napájení řešeno pomocí chemických článků se stejnosměrným napětím. Blokové schéma modulu je na obrázku 3.10

3.5.1 Volba typu článků pro autonomní provoz

Hlavním parametrem článků je poměr jejich kapacity k hmotnosti. Články napájecího modulu by měly zajistit nepřetržitý provoz po dobu 10 hodin. Články se rozdělují do dvou kategorií:

- primární články
- sekundární články



Obr. 3.10: Blokové schéma napájecího modulu

V případě, že přístroj se bude používat vícekrát a delší dobu, je z ekonomického hlediska výhodnější použití sekundárních článků. Nejperspektivnější sekundární články, které jsou vhodné na napájení přístroje, jsou sekundární články typu NiMH a Li ion.

Kapacita akumulátorů dostačující k napájení přístroje v nepřetržitém provozu po dobu deseti hodin je 10 článků NiMH, nebo 3 články typu Li ion, v sériovém zapojení.

V případě použití článků Ni MH je výsledné napětí jednoho článku po nabití bez zátěže přibližně 1,4 V. Jmenovité napětí jednoho článku je 1,2 V a při sériovém zapojení desíti článků je výsledné jmenovité napětí 12 V. Při kapacitě jednoho článku 2050 mAh je výsledná kapacita 24,6 Wh.

3.5.2 Měniče DC/DC

Pro napájení modulů je potřebné napětí nejen stabilizovat, ale i změnit pomocí měničů DC/DC. Aby byla napájecí napětí pro analogové obvody dostatečně čisté, je pro napájení digitálních obvodů použito oddělených měničů.

Spotřeba důležitých integrovaných obvodů je znázorněna v tabulce

analogové obvody		digitální obvody	
PGA2505			
+5 V	30 mA	−5 V	1 mA
−5 V	30 mA		
PLL1708			
		+3,3 V	19 mA
PCM1804			
+5 V	35 mA	+3,3 V	27 mA
DIT4192			
		+5 V	30 mA
		+3,3 V	3 mA

Tab. 3.6: Proudové nároky jednotlivých integrovaných obvodů

V případě stereofonního záznamu technikou M-S použitím 3 mikrofonů je třeba napájet tři moduly mikrofonního předzesilovače. Celkový odběr proudu při napětí +5 V je 125 mA, při −5 V je 90 mA. Měniče je třeba dimenzovat na maximální odběr proudu, aby jejich efektivita byla zachována.

Napětí pro integrované obvody jsou vytvářena pomocí obvodů LM2575, které jsou nastaveny na přesné napětí. Zapojení měničů je voleno dle katalogového listu. Obvod LM2575 je typu buck-boot, to znamená, že napětí je možné snižovat i zvyšovat změnou zapojení vnějších součástek. Pro vytvoření záporného napětí se využívá invertující zapojení.

Při návrhu zapojení se musí zvolit hodnota induktoru, vstupního a výstupního kondenzátoru. Hodnota induktoru se volí pomocí grafu uvedeného v katalogovém listu výrobce ([7]).

Pro fantomové napájení mikrofonů je napětí +48 V vytvořeno pomocí obvodu LM od firmy 3481. Zapojení je voleno dle doporučení výrobce.

4 KONSTRUKCE PŘÍSTROJE

Jednotlivé moduly využívají pro svou činnost speciální integrované obvody. Největším přínosem těchto obvodů je minimalizování počtu vnějších součástek a tím pádem i výrobní ceny daného zařízení.

4.1 Napájecí modul

Při výběru součástek pro napájecí modul se brala do úvahy možnost napájení přístroje deseti NiMH akumulátory velikosti AA. Jednotlivé moduly mají různé nároky na napájecí napětí. Protože přístroj je analógovo-digitální, je nutné pro každý druh obvodu navrhnout napájení zvlášť. V tabulce jsou uvedeny výstupní napětí napájecího modulu s maximálním přístupným proudovým odběrem. Při návrhu se brala do úvahy modulární koncepce přístroje a tím pádem i možnost jeho rozšiřování. V případě použití čtyř mikrofonových modulů a jednoho modulu ADC je odběr všech modulů naznačen v tabulce 3.6.

Parametry obvodu LM2575 jsou shrnuty v tabulce 4.1. Tento obvod je monolitickým integrovaným obvodem a slouží pro regulaci napětí. v této práci jsou použity verze s pevným výstupním napětím, typ LM2575S-3.3 pro napětí 3,3 V a LM2575S-5 s výstupním napětím 5 V. Kromě regulace napětí je obvod schopen invertovat výstupní napětí.

f_{sw}	52 kHz
I_{SB}	50 μ A
U_{out}	3,3 V, 5 V
I_{max}	1 A

Tab. 4.1: Hlavní parametry obvodu LM2575 ([7])

Mikrofony napájeny dle normy DIN 45596 potřebují pro svou funkci napětí 48V. Akumulátory mají nominální napětí 12V, které je nutné pomocí měniče DC-DC typu "boost" zvýšit na 48 V. Měnič je realizován obvodem LM3481 od firmy National Semiconductor. Zapojení bylo navrženo pomocí webové aplikace Webbench z webové stránky firmy National Semiconductor. Hlavní parametry integrovaného obvodu LM3481 jsou shrnuty v tabulce 4.2

4.1.1 Návrh zapojení

Zapojení regulátorů je realizováno dle katalogového listu výrobce. Prvním krokem je výběr velikosti induktoru L_1 . To se provádí graficky dle tabulky uvedeného v kata-

f_{sw}	100 kHz až 1 MHz
U_{out}	od 1,275 V
I_{max}	1 A

Tab. 4.2: Hlavní parametry integrovaného obvodu LM3481 ([8])

logovém listu (viz [7]). Dalším krokem je výběr výstupního kapacitoru, který spolu s induktorem L_1 tvoří výstupní část regulátoru. Poloha jejich nulových bodů a pólů je velice důležitá z hlediska stability obvodu a zvlnění výstupního napětí. Dle katalogového listu musí velikost výstupní kapacity ležet mezi $100 \mu\text{F}$ a $470 \mu\text{F}$.

4.2 Modul ADC

Aby byla zajištěna dostatečně vysoká kvalita analogově-digitálního převodu je modul vybaven převodníkem typu sigma-delta model PCM1804 od firmy Texas Instruments. Jeho hlavní parametry jsou shrnuty v tabulce 4.3.

dynamika	112 dB
SNR	111 dB
THD+N	-102 dB
f_{vz}	až 192 kHz
P_{tot}	225 mW

Tab. 4.3: Hlavní parametry obvodu PCM1804 ([3])

Výstup převodníku je realizován pomocí třívodičového sériového rozhraní. Toto rozhraní je připojeno na integrovaný obvod DIT4192, který funguje jako kódér S/PDIF. Vstupy napájecích napětí jsou blokovány pomocí keramických kondenzátorů kapacity 100 nF . Blokování je důležité z hlediska správnosti funkce obvodu, protože napájecím vedením se mohou do obvodu dostat rušení.

Výstupní digitální signál je kódován obvodem DIT4192 dle standardu S/PDIF. Obvod je řízen pomocí mikrokontroléru ATmega16 sériovým rozhraním.

Přesný hodinový signál je generován pomocí obvodu PLL1708. Jeho napájecí vstupy jsou blokovány keramickými kondenzátory kapacity 100 nF . Obvod pracuje na principu fázového závěsu. Jako řídicí rezonátor je použit krystal o frekvenci 27 MHz . Všechny funkce tohoto obvodu jsou řízeny mikrokontrolérem ATmega16.

Celé zařízení je řízeno pomocí mikrokontroléru ATmega16. Jako hardverové rozhraní pro ovládání funkcí slouží mechanický otočný snímač polohy s tlačítkem.

4.2.1 Řízení přístroje mikrokontrolérem

Celkové řízení obvodů PCM1804, DIT4192 a PLL1708 je realizováno pomocí mikrokontroléru ATmega16. Rozpis obsazení jednotlivých portů je uvedeno v tabulce 4.4

název V/V pinu	název vodiče dle schématu	funkce
PA0	OSR0_PCM1804	nastavení převzorkování
PA1	OSR1_PCM1804	nastavení převzorkování
PA2	OSR2_PCM1804	nastavení převzorkování
PA3	BYPAS_PCM1804	vypnutí filtru v obvodu PCM1804
PA4	OVFL_PCM1804	signalizace přebuzení obvodu PCM1804
PA5	OVFR_PCM1804	signalizace přebuzení obvodu PCM1804
PA6	!RST_PCM1804	vstup pro resetování obvodu PCM1804
PA7	BLS_DIT4192	začátek bloku uživatelských dat
PC4	!CS_DIT4192	chip select obvodu DIT4192
PC5	!INT_DIT4192	
PC6	!RST_DIT4192	vstup pro resetování obvodu DIT4192
PC7	U_DIT4192	vstup uživatelských dat obvodu DIT4192
PC0	CSEL_PLL1707	chip select obvodu PLL1707
PC1	SR_PLL1707	měřítka vzorkování
PC2	FS2_PLL1707	nastavení kmitočtu vzorkování
PC3	FS1_PLL1707	nastavení kmitočtu vzorkování
PD0	B_ROT_ENC	výstup snímače polohy
PD2	A_ROT_ENC	výstup snímače polohy

Tab. 4.4: Zapojení jednotlivých portů mikrokontroléru ATmega16

4.2.2 Uživatelské rozhraní

Uživatelské rozhraní je tvořeno mechanickým otočným snímačem polohy, jenž zajišťuje všechny vstupní komunikační možnosti přístroje.

Obsluha je rozdělena na menu a podmenu, jejich celková struktura je uvedena v tabulce 4.5. v první položce menu lze nastavovat zisk mikrofonního zesilovače pootočením mechanického snímače polohy. Při pootočení snímače ve směru hodinových ručiček se hodnota zisku zesilovače zvyšuje a to od 0 dB do 60 dB po krocích 3 dB od zisku 9 dB. v případě pootočení snímače proti směru hodinových ručiček bude zisk zmenšován. V další položce menu se nastavuje mód záznamu. Jednotlivé položky

podmenu se nastavují pootočením snímače polohy. Jeho funkce je obdobná jako při nastavování zisku zesilovače. Při pootočení snímače doprava se hodnota inkrementuje, v opačném směru se dekrementuje. Třetí položka menu umožňuje nastavení vzorkovacího kmitočtu analogově-číslicového převodníku. Jeho nastavování funguje na stejném principu, jako v druhé položce menu.

menu	podmenu	funkce
0	a	zisk zesilovača
1	a	mono
	b	stereo
	c	2 kanály
	d	MS
2	a	$f_{vz} = 44,1 \text{ kHz}$
	b	$f_{vz} = 48 \text{ kHz}$
	c	$f_{vz} = 88,2 \text{ kHz}$
	d	$f_{vz} = 96 \text{ kHz}$
	e	$f_{vz} = 192 \text{ kHz}$

Tab. 4.5: Struktura menu

4.2.3 Program pro řízení

Úkolem programu je zajištění řízení zařízení a sledování stavu ovládacího prvku. Sledování ovládacího prvku je znázorněn v diagramu A.1. v případě že dojde k přerušení, které bylo způsobeno ovládacím prvkem, provede se kontrola změny polohy mechanického snímače. Proměnná APREV slouží k zaznamenání předchozího stavu polohy snímače. Provede se nastavení hodnot proměnných LEFT a RIGHT podle toho, či snímač byl pootočen doprava nebo doleva. Proměnné A a B jsou stavy výstupů snímače polohy stejného názvu. Jako předchozí hodnota se nastaví hodnota proměnné A. Dál se sleduje stisknutí tlačítka. Předchozí hodnota je uložena v proměnné BTNPREV nová hodnota stisknutí v proměnné BTN.

V případě, že dojde k přerušení a ke změně hodnoty některé proměnné mechanického snímače provede funkce BTN_CHANGE změnu nastavení a hodnotu proměnné nastaví na výchozí. Jeho vratnou hodnotou je hodnota změny stavu.

Tato změna je pomocí hlavní funkce zpracován. v ní se provede kontrola stisknutí tlačítka, kterým se pohybuje v jednotlivých položkách menu. Pohybování v položkách menu je cyklické, to znamená, že po třetí položce následuje první položka. Dál se sleduje změna polohy mechanického snímače a položka menu v kterém se provádí

změna. Pootočením snímače ve směru hodinových ručiček se hodnota inkrementuje v opačném případě se dekrementuje.

Funkce UPDATE_REGS má za úkol aktualizace stavu registrů řízených obvody. Struktura kontrolního slova obvodu PGA2505 je znázorněna na obrázku 3.4. Zisk se nastavuje pomocí proměnné PGA2505_L. Tato proměnná představuje LSB bity kontrolního slova. Dekadicky lze vyjádřit nastavení zisku hodnotou od 0 do 18. Komunikace probíhá pomocí sběrnice SPI.

Vzorkovací kmitočet je nastaven pomocí proměnné SR. Pro nastavení se musí zvolit správný hodinový kmitočet generovaný obvodem PLL1707 a analogově-číslicový převodník taktéž musí být nastaven na správnou hodnotu vzorkování. Generátor hodinového signálu se nastavuje paralelně pomocí vstupních pinů FS2, FS1 a SR, kde FS2 a FS1 slouží k nastavení vzorkovacího kmitočtu a SR k nastavení hodnoty vzorkování. Jejich kombinace jsou shrnuty v tabulce 4.6

FS2	0	0	0	0
FS1	1	0	1	0
SR	0	0	1	1
f_{vz} [kHz]	44,1	48	88,2	96

Tab. 4.6: Nastavení frekvence generátoru hodinového signálu ([5])

Výstupní hodinový signál generátoru je pevně násoben koeficientem 256. Proto obvod analogově-číslicového obvodu musí být taktéž nastaven na 256 násobný systémový kmitočet. Výjimkou je opce vzorkovacího kmitočtu 192 kHz, protože obvod je schopen pracovat jenom s 128 násobným systémovým kmitočtem. Z tohoto vyplývá, že hodinový signál musí být stejného kmitočtu jako pro vzorkovací kmitočet 96 kHz. Hodnota převzorkování obvodu PCM1804 se nastavuje pomocí vstupních pinů OSR2, OSR1 a OSR0. Použité hodnoty převzorkování jsou znázorněny v tabulce 4.7.

OSR2	0	1	1
OSR1	1	0	1
OSR0	1	1	1
SCR	256	256	128
OSR	1	2	4

Tab. 4.7: Nastavení systémového poměru kmitočtu a poměru převzorkování ([3])

4.3 Mikrofononní modul

Při výběru zesilovače se braly do úvahy následující požadavky.

- symetrický vstup
- symetrický výstup
- plochá modulová kmitočtová charakteristika od 20 Hz do 20 kHz
- odstup signálu od šumu lepší než 75 dB

Těmto podmínkám v dnešní době vyhovuje mnoho integrovaných obvodů, ale největším přínosem obvodu PGA2505 firmy Texas Instruments je možnost řízení pomocí mikrokontroléru přes sběrnici SPI. Technické parametry obvodu jsou shrnuty v tabulce 4.8.

U_{vstmax}	$U_{-5A} + 1,5 \text{ V}$ až $U_{+5A} - 2 \text{ V}$
$U_{výstmax}$	$U_{-5A} + 0,9 \text{ V}$ až $U_{+5A} - 0,9 \text{ V}$
zisk	9 dB až 60 dB po krocích 3 dB
THD+N	-110 dB při $f_{vst} = 1 \text{ kHz}$, $zisk = 0 \text{ dB}$, $V_{out} = 3,5 \text{ V}_{\text{RMS}}$
THD+N	0,0006% při $zisk = 30 \text{ dB}$

Tab. 4.8: Hlavní parametry obvodu PGA2505 ([2])

Jednotlivé vstupy napájecího napětí jsou blokovány pomocí tantalových a keramických kondenzátorů kapacity $4,7 \mu\text{F}$ a 100 nF . Součástky se vybraly dle doporučení výrobce (viz [2]). Kondenzátory C5 a C6 slouží jako integrátory ve smyčce pro nastavení tzv. DC offsetu zesilovače. Výrobce doporučuje použít kondenzátor o kapacity $1 \mu\text{F}$.

Vstupní díl zesilovače tvoří napájecí systém. Tento napájecí systém slouží k napájení kondenzátorových mikrofونů dle standardu P48 a T12. Napáječ dle standardu P48 byl navrhnuty dle doporučení výrobce (viz [2]). Napájení dle standardu T12 je realizován dle doporučení standardu DIN 45595, který stanovuje velikost odporu pro omezení proudu 180Ω . Přepínání napájení mikrofону je realizováno pomocí otočného přepínače.

Další částí vstupního dílu je atenuátor, který umožňuje útlum 6 dB. Je realizován pomocí odporů R12, R13 a R14. Útlum atenuátoru lze vypočítat pomocí vztahu $K_{\text{UdB}} = 20 \log \frac{R_{14}}{R_{12} + R_{13} + R_{14}}$. Jejich hodnoty byly zvoleny následovně: R12 a R13 $1 \text{ k}\Omega$ a R14 $2 \text{ k}\Omega$. Vstupní odpor při výstupu nakrátko je $Z_{výst} = R_{12} + R_{13} + R_{14}$ a výstupní odpor při vstupu naprázdno $Z_{vst} = R_2$. Volba atenuace se provádí pomocí otočného přepínače.

Zesílený signál z obvodu je usměrňován na sběrnici pomocí otočného přepínače. Výstupní signál z obvodu pro další zpracování obvodem PCM1804 musí být zeslaben, aby se mohla využít celková dynamika zesilovače. Atenuátor musí mít útlum 6 dB.

Kromě atenuace se musí provést i filtrace pro zamezení aliasingu. Ta se uskutečňuje pomocí filtru typu dolní propust prvního řádu, což je tvořen kondenzátorem C11 a atenuátorem. Pro filtraci je dostačující filtr prvního řádu, protože převodník pracuje s mnohonásobně vyšším vzorkovacím kmitočtem a celková protialiasingová filtrace je provedena pomocí digitálního filtru.

5 ZÁVĚR

Úkolem bakalářské práce byl návrh stereofonního mikrofonního předzesilovače s integrovaným A/D převodníkem. V první kapitole této práce byly nastíněny základní vlastnosti a parametry mikrofonního předzesilovače, převodníku A/D a napájecího zdroje. Zdůrazněny byly hlavně ty parametry, které jsou důležité pro tuto aplikaci.

Návrh přístroje je popsán v druhé kapitole. Výběr součástek se prováděl dle doporučení výrobce integrovaných obvodů. Bloková schémata jednotlivých modulů dávají dobrý podklad pro další vývoj tohoto zařízení.

Ve třetí kapitole se popisuje přesná konstrukce přístroje. Řízení zařízení je realizováno pomocí mikrokontroléru ATmega16 od firmy Atmel rozhraním SPI. Rozhraní SPI je vyveden na sběrnici, proto se naskytá možnost řízení nejen modulu převodníku A/D, ale i jiných přídavných modulů, popřípadě i programování mikrokontroléru. Uživatelské rozhraní je tvořeno mechanickým otočným snímačem polohy se spínačem, který dovoluje změnit nastavení přístroje.

Protože přístroj je určen do terénu, byly kladeny požadavky co nejmenší velikosti a příkonu obvodu. Proto se volily nejmodernější integrované obvody, jejichž požadavky pro externí součástky jsou minimální a poměr jejich kvality k příkonu vysoký.

Hlavním přínosem modulární konstrukce je snadná možnost změny konfigurace přístroje a přizpůsobení aktuálním podmínkám.

Největším přínosem této konstrukce je modularita, která dovoluje přístroj vylepšovat o nové moduly.

LITERATURA

- [1] *Wikipedie: Otevřená encyklopedie: Sound recording and reproduction* [online]. 2001, poslední aktualizace 11. 11. 2004 [cit. 17. 2. 2005]. Dostupné z URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/Sound_recording_and_reproduction>.
- [2] *PGA2505 Digitally-Controlled microphone preamplifier datasheet* [online]. 2001, poslední aktualizace 11. 11. 2004 [cit. 17. 2. 2005]. Dostupné z URL: <<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/pga2505.pdf>>.
- [3] *PCM1804 full differential analog input 24-bit 192-kHz stereo A/D converter datasheet* [online]. 2001, poslední aktualizace 11. 11. 2004 [cit. 17. 2. 2005]. Dostupné z URL: <<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/pcm1804.pdf>>.
- [4] *DIT4192 192kHz Digital Audio Transmitter datasheet* [online]. 2001, poslední aktualizace 11. 11. 2004 [cit. 17. 2. 2005]. Dostupné z URL: <<http://focus.tij.co.jp/jp/lit/ds/sbos229b/sbos229b.pdf>>.
- [5] *PLL1707 dual PLL multiclock generator datasheet* [online]. 2002, poslední aktualizace december 2002 [cit. 17. 2. 2005]. Dostupné z URL: <<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/pll1707.pdf>>.
- [6] *ATmega8 8-bit AVR with 8K Bytes In-System Programmable Flash datasheet* [online]. 2010, poslední aktualizace december 2002 [cit. 17. 2. 2005]. Dostupné z URL: <http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2486.pdf>.
- [7] *LM1575/LM2575/LM2575HV SIMPLE SWITCHER® 1A Step-Down Voltage Regulator datasheet* [online]. 2010, poslední aktualizace december 2002 [cit. 17. 2. 2005]. Dostupné z URL: <<http://www.national.com/ds/LM/LM1575.pdf>>.
- [8] *LM3481 High Efficiency Low-Side N-Channel Controller for Switching Regulators datasheet* [online]. 2010, poslední aktualizace december 2002 [cit. 17. 2. 2005]. Dostupné z URL: <<http://www.national.com/ds/LM/LM3481.pdf>>.
- [9] *Teorie vzájemného převodu analogového a číslicového signálu* [MTVP skriptum].
Brno: VUT, 2006 [cit. 15. 12. 2009]. Dostupné z URL: <http://www.umel.feec.vutbr.cz/MTVP/prednasky/AD_DA_scripta.pdf>.
- [10] *Digitální zvuková rozhraní* [BSHE skriptum].
Brno: VUT, 2006 [cit. 15. 12. 2009]. Dostupné z URL: <https://www.vutbr.cz/www_base/priloha.php?dpid=33361>.

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

PDM Hustotná pulsná modulace – Pulse-density modulation

PCM Pulsně kódovaná modulace – Pulse Code Modulation

f_{vz} vzorkovací kmitočet

OSR Oversampling Rati - Poměr převzorkování

A/D analógově číslicový

SPI Serial Peripheral Interface - sériové periférní rozhraní

MOSI Master Output, Slave Input (u komunikace SPI)

MISO Master Input, Slave Output (u komunikace SPI)

M-S Mid-Side - Střed-Bok(technika stereofnního snímání zvuku)

THD+N Total Harmonic Distortion plus Noise - Celkové harmonické zkreslení a šum

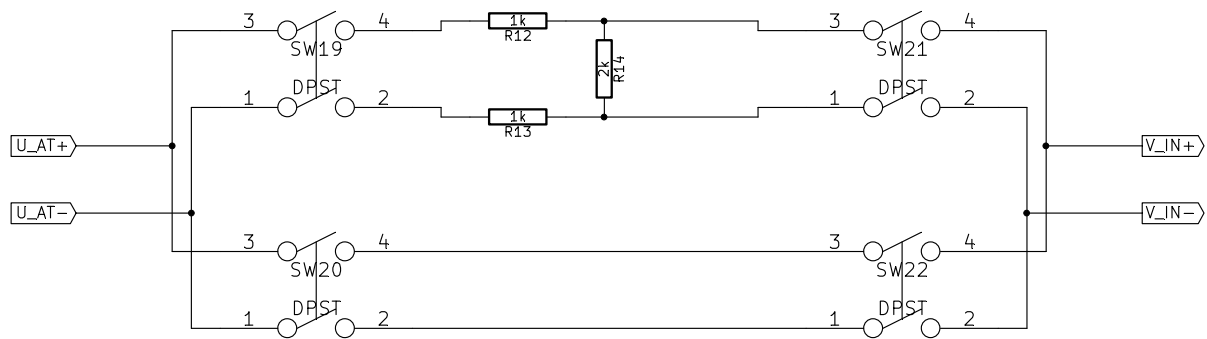
SEZNAM PŘÍLOH

A Přílohy	44
A.1 Výkresová dokumentace	44
A.1.1 Schéma zapojení	44
A.1.2 Navrhy desek plošných spojů	51
A.1.3 Rozložení součástek	58
A.1.4 Vývojové diagramy řídicí aplikace	63
A.1.5 Rozpiska součástek	67

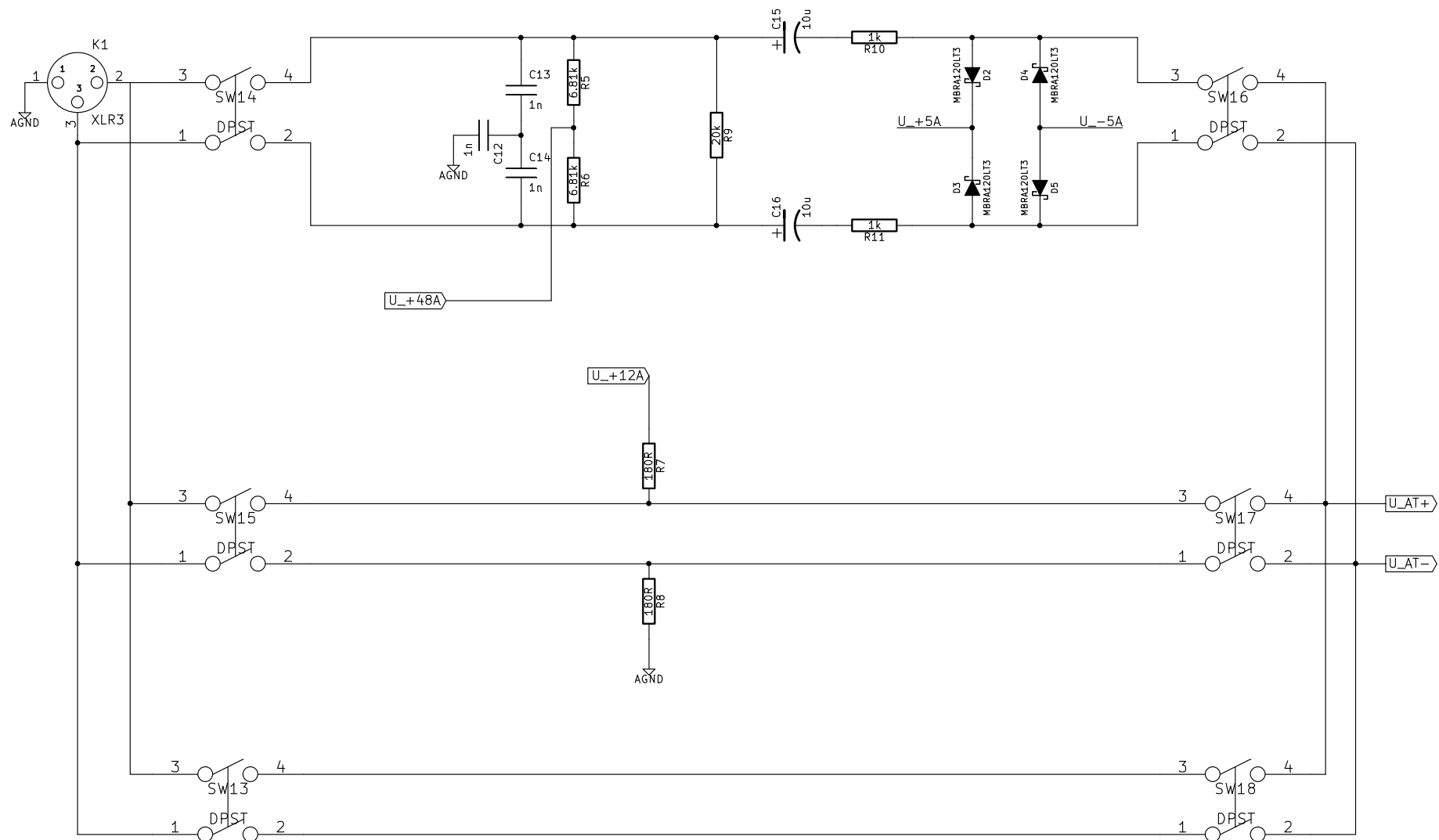
A PŘÍLOHY

A.1 Výkresová dokumentace

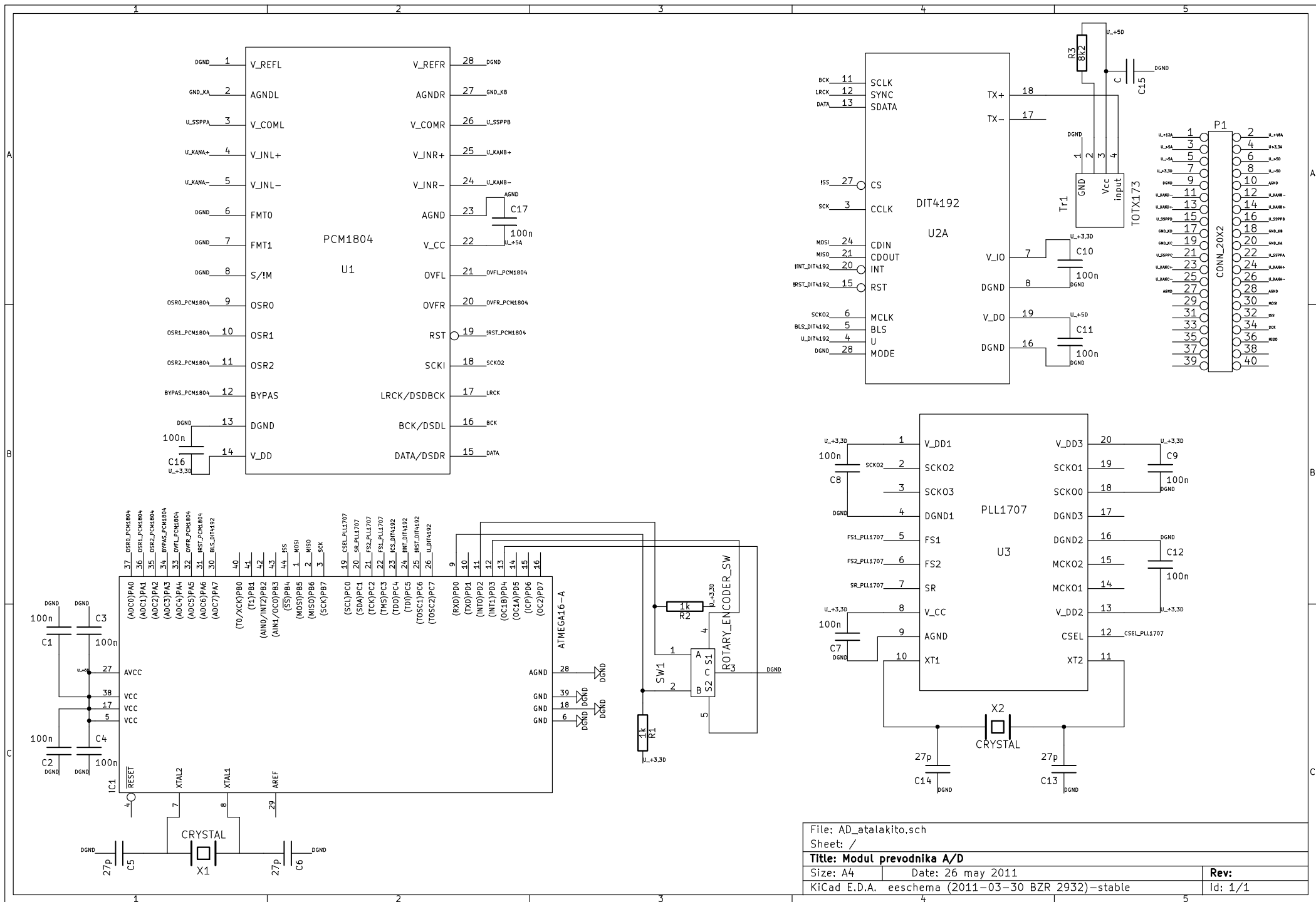
A.1.1 Schéma zapojení

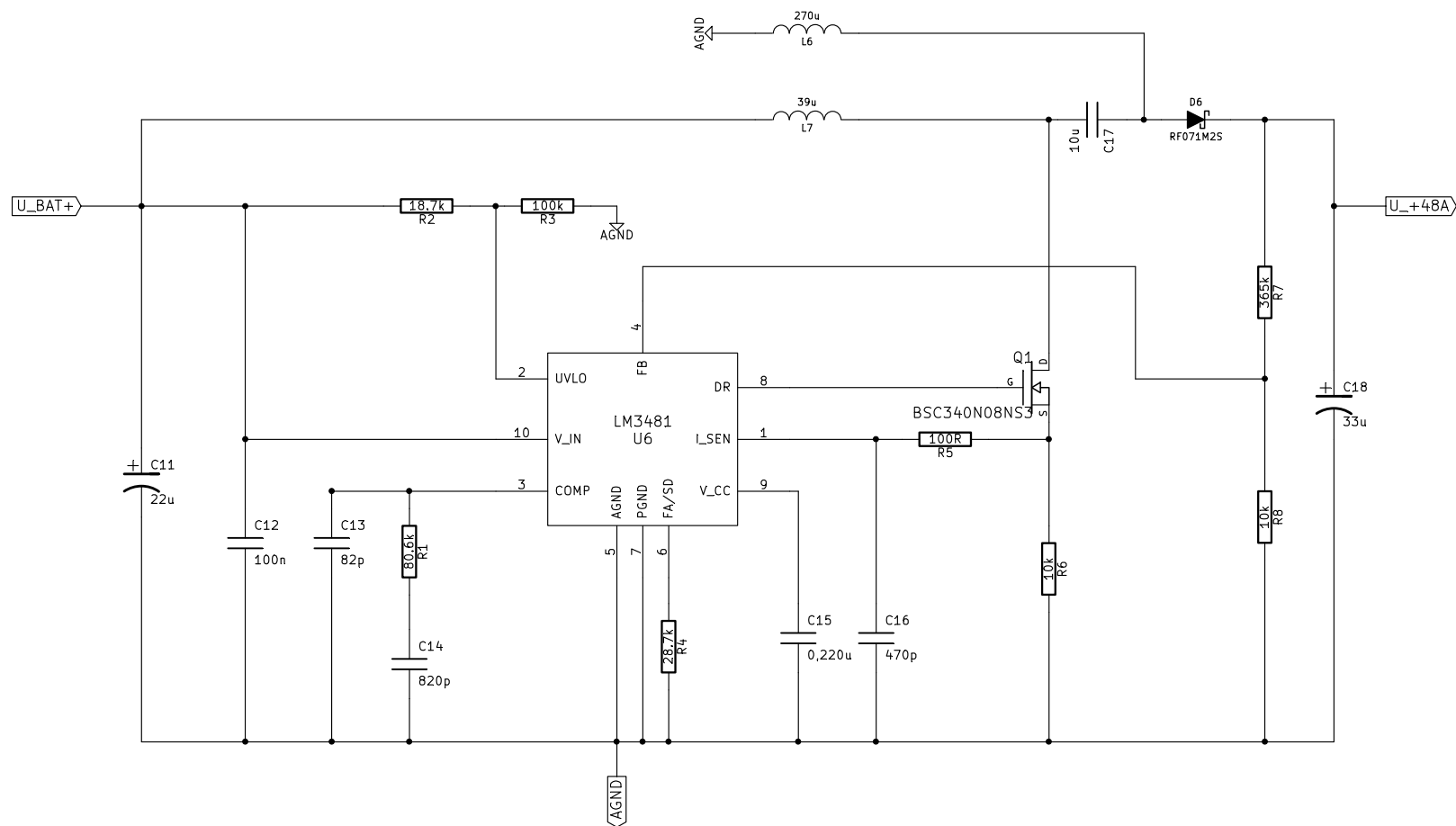


File: Mikrofon_4.sch		
Sheet: /Modul mikrofonniho predzesilovace, list 4/		
Title: Modul mikrofonniho predzesilovace		
Size: A4	Date: 26 may 2011	Rev:
KiCad E.D.A. eeschema (2011-03-30 BZR 2932)-stable		Id: 2/4

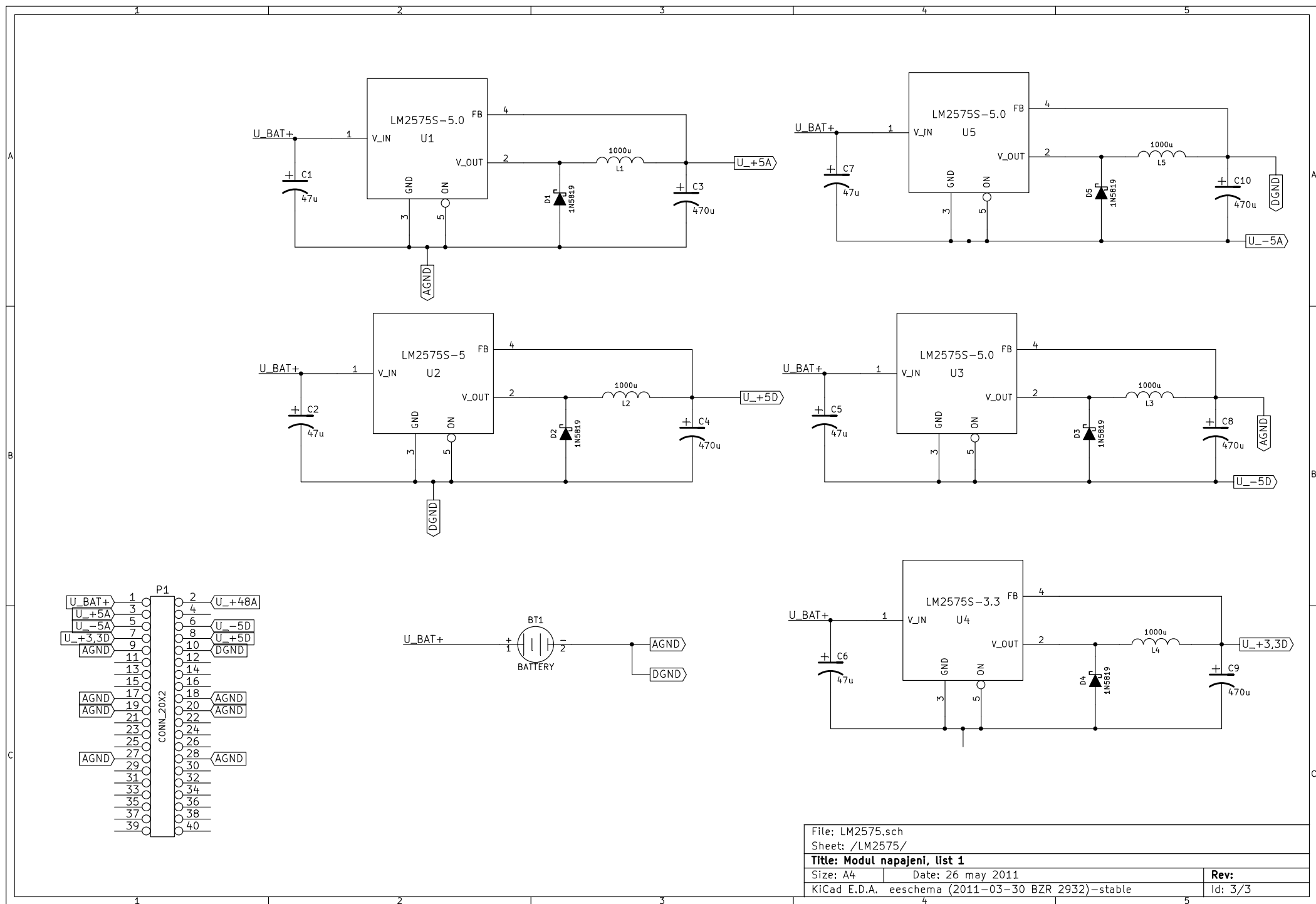


File: Mikrofon_3.sch		
Sheet: /Modul mikrofonniho predzesilovace, list 3/		
Title: Modul mikrofonniho predzesilovace		
Size: A4	Date: 26 may 2011	Rev:
KiCad E.D.A. eeschema (2011-03-30 BZR 2932)-stable		Id: 3/4

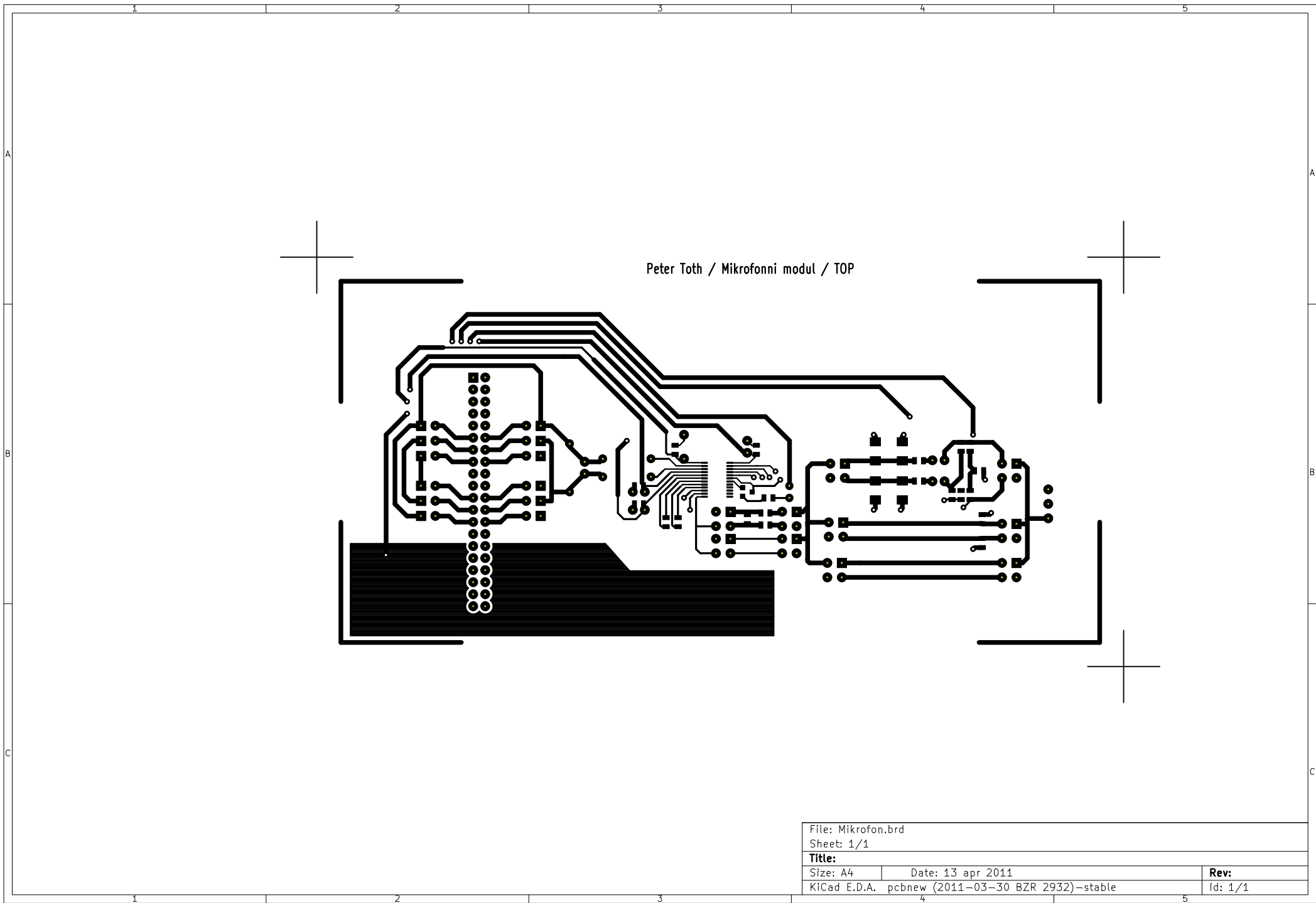


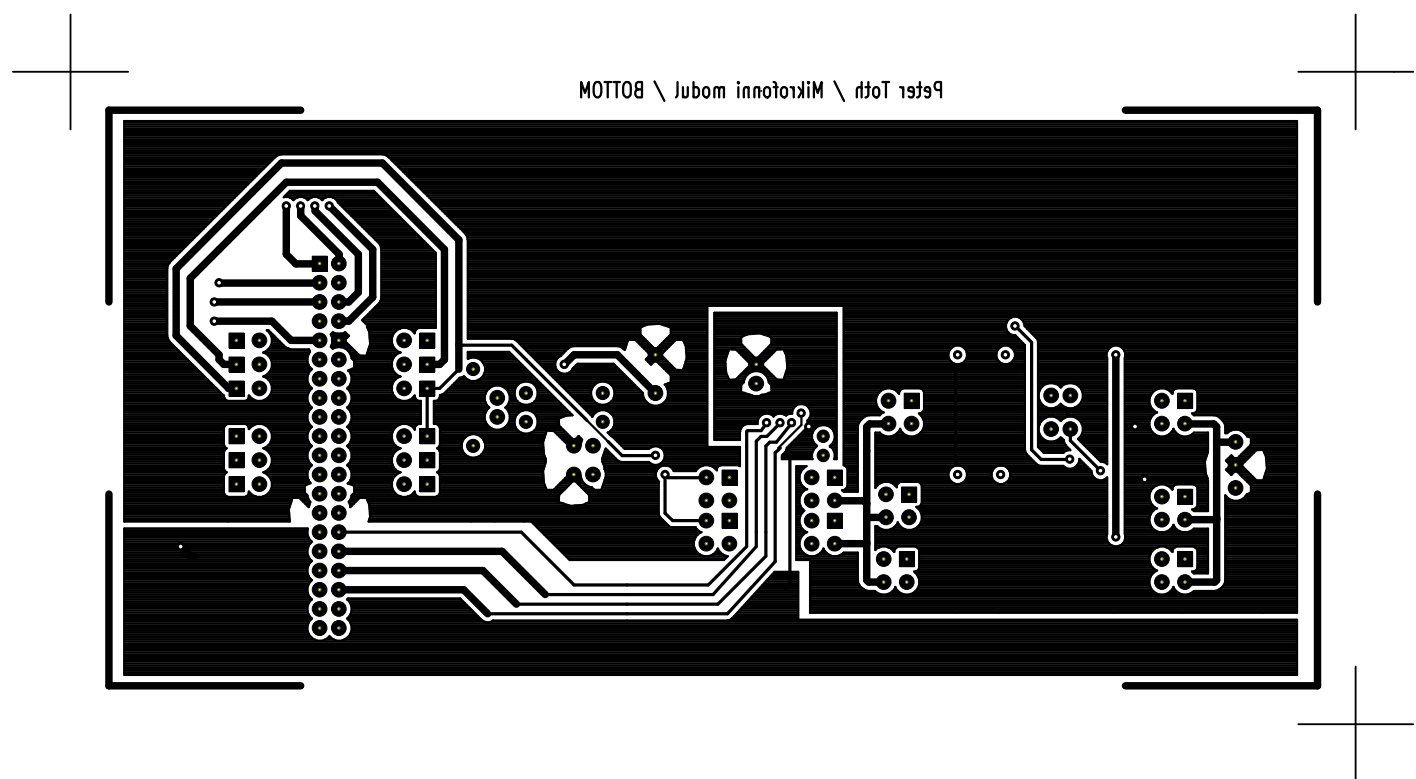


File: LM3481.sch		
Sheet: /LM3481/		
Title: Modul napájení, list 2		
Size: A4	Date: 26 may 2011	Rev:
KiCad E.D.A. eeschema (2011-03-30 BZR 2932)-stable		Id: 2/3

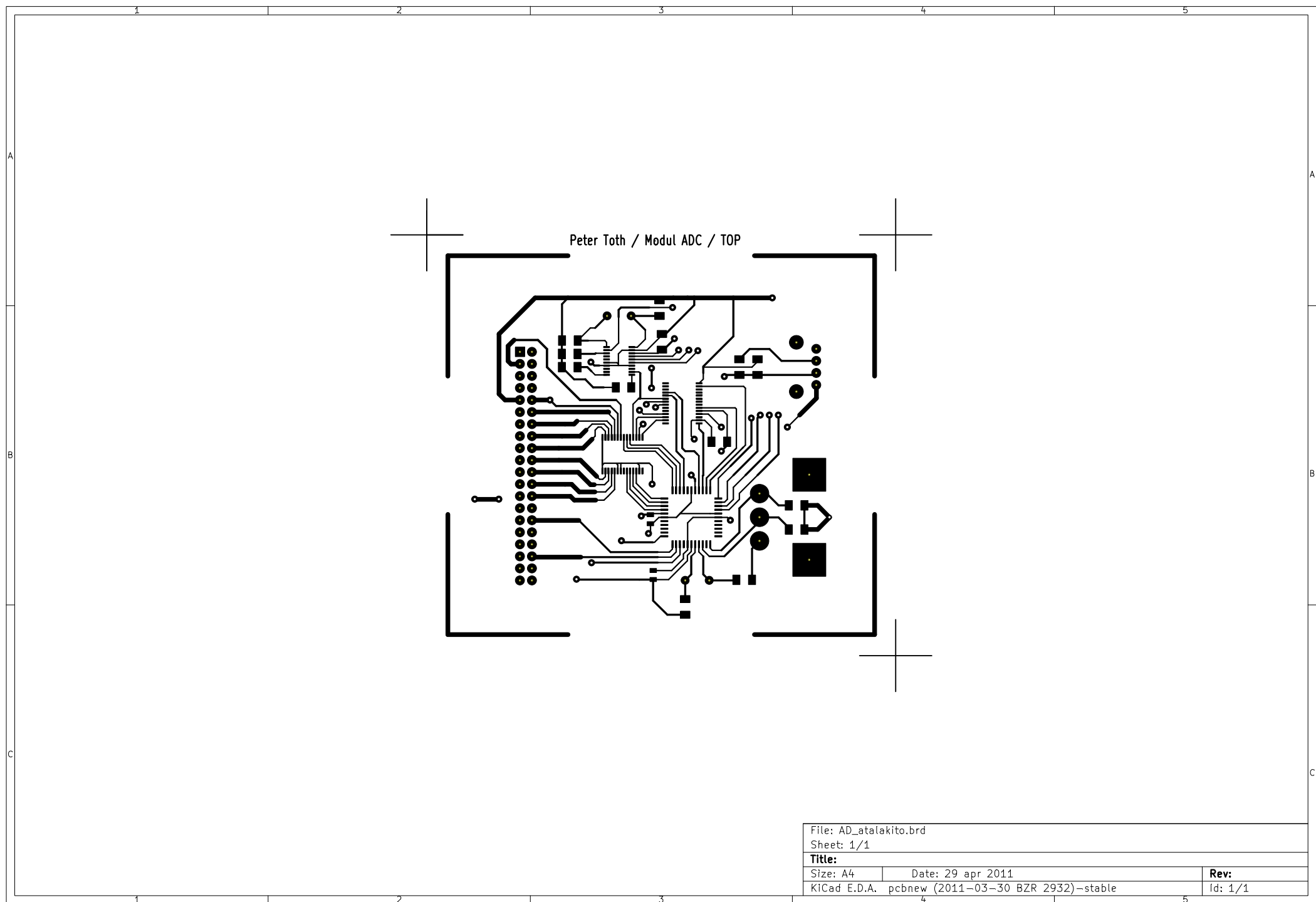


A.1.2 Navrhy desek plošných spojů



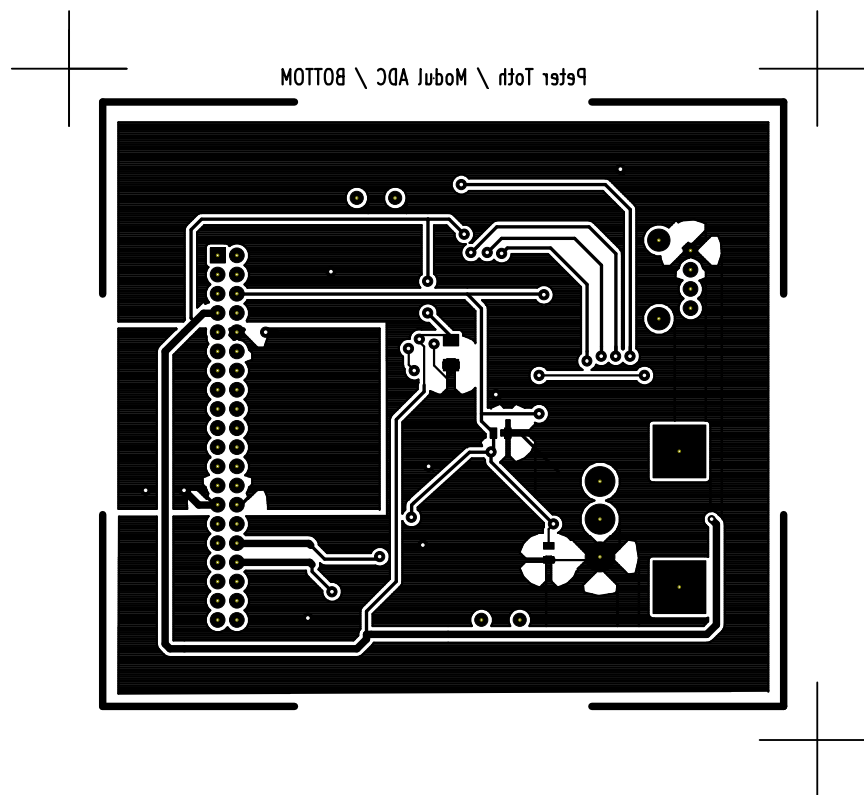


File: Mikrofon.brd		
Sheet: 1/1		
Title:		
Size: A4	Date: 13 apr 2011	Rev:
KiCad E.D.A.	pcbnew (2011-03-30 BZR 2932)-stable	Id: 1/1



Peter Toth / Modul ADC / TOP

File: AD_atalakito.brd		
Sheet: 1/1		
Title:		
Size: A4	Date: 29 apr 2011	Rev:
KICad E.D.A. pcbnew (2011-03-30 BZR 2932)-stable		Id: 1/1



File: AD_atalakito.brd		
Sheet: 1/1		
Title:		
Size: A4	Date: 29 apr 2011	Rev:
KICad E.D.A. pcbnew (2011-03-30 BZR 2932)-stable		Id: 1/1

1 2 3 4 5

Peter Toth / Napajaci modul / TOP

File: Tapegyseg.brd
Sheet: 1/1

Title:

Size: A4 Date: 13 apr 2011

Rev:

KiCad E.D.A. pcbnew (2011-03-30 BZR 2932)-stable

Id: 1/1

Peter Toth \ Napajaci modul \ BOTTOM

File: Tapegyseg.brd
Sheet: 1/1

Title:

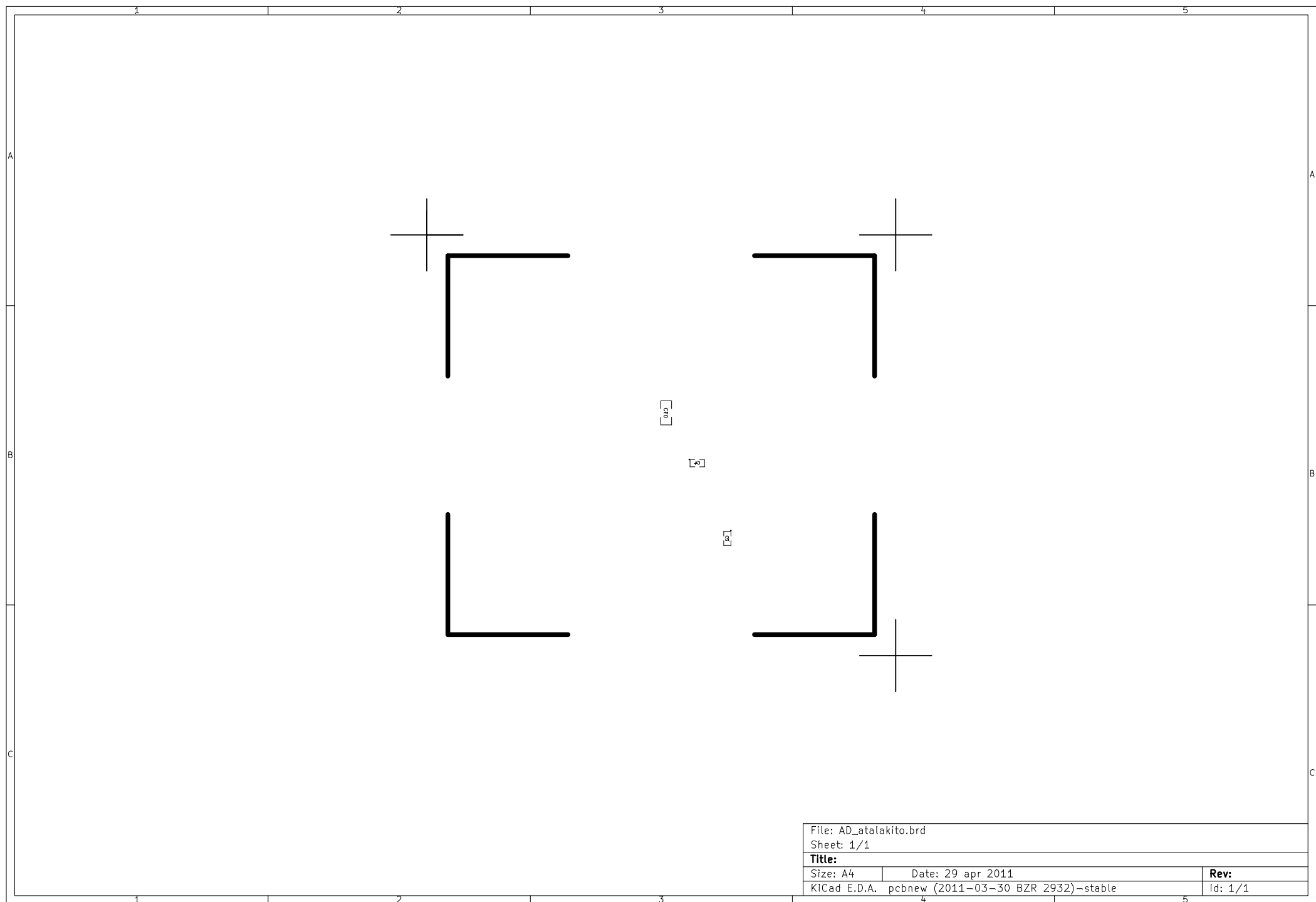
Size: A4 Date: 13 apr 2011

KiCad E.D.A. pcbnew (2011-03-30 BZR 2932)-stable

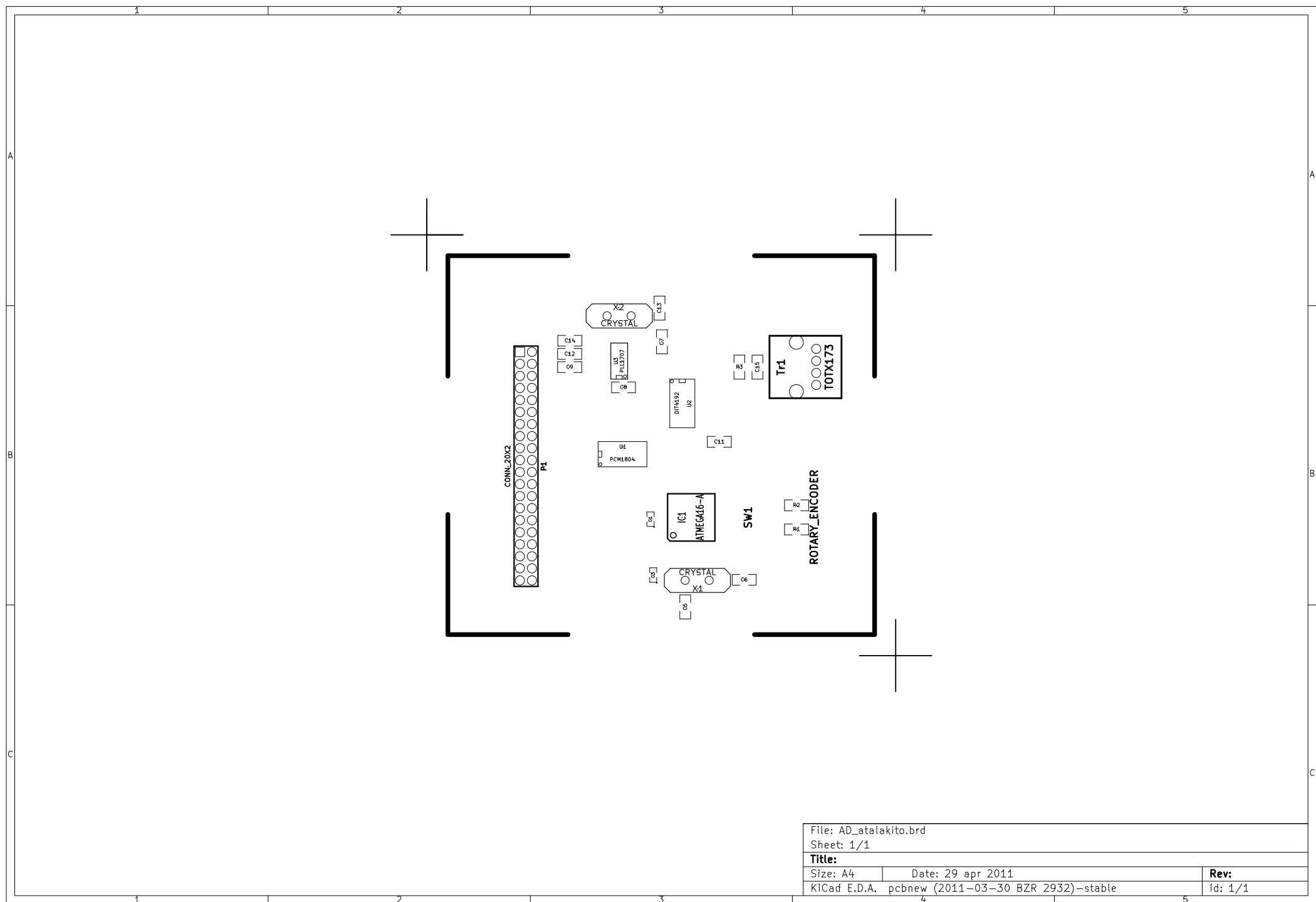
Rev:

Id: 1/1

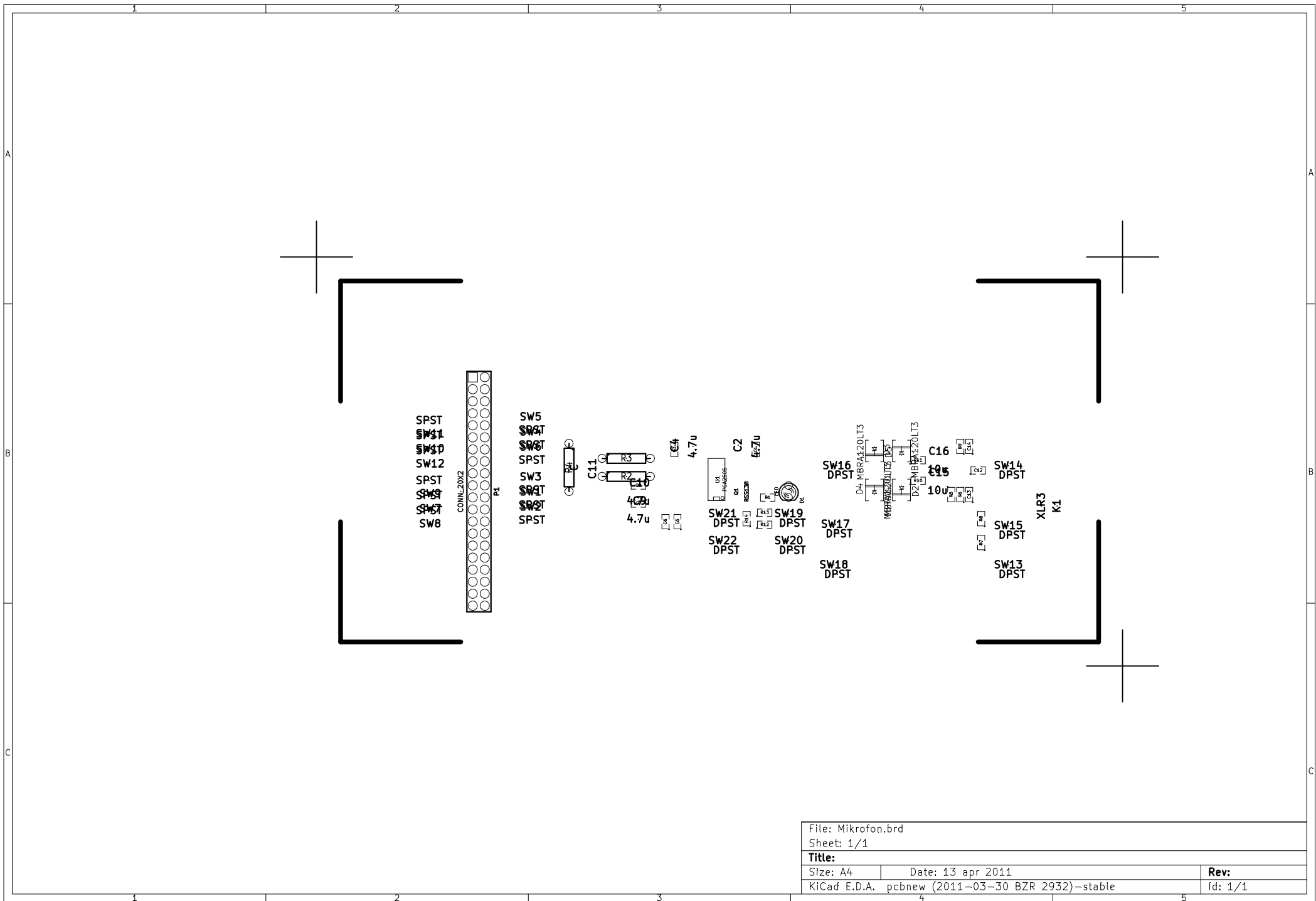
A.1.3 Rozložení součástek



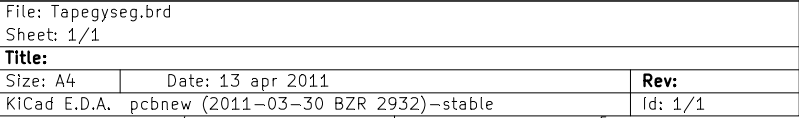
File: AD_atalakito,brd		
Sheet: 1/1		
Title:		
Size: A4	Date: 29 apr 2011	Rev:
KICad E.D.A. pcbnew (2011-03-30 BZR 2932)-stable		Id: 1/1



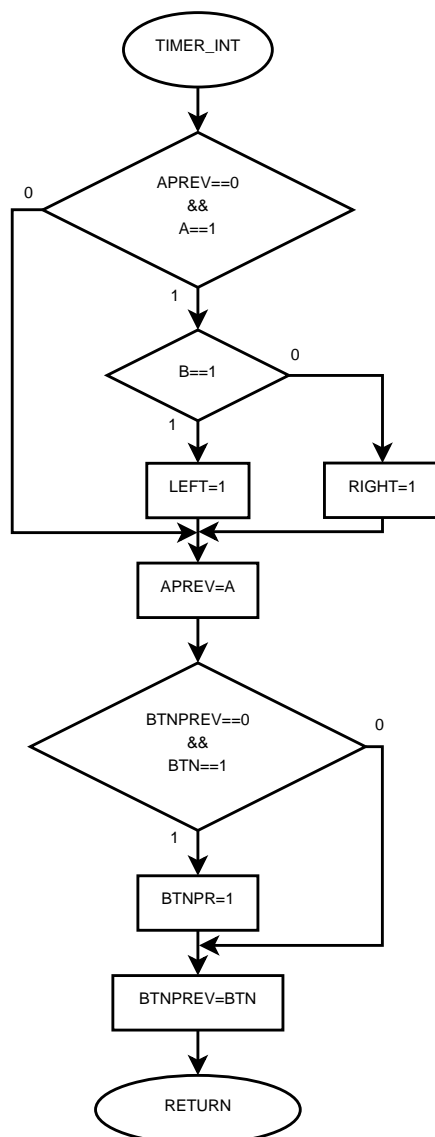
File: AD_atalakito.brd		
Sheet: 1/1		
Title:		
Size: A4	Date: 29 apr 2011	Rev:
KICad E.D.A. pcbnew (2011-03-30 BZR 2932)-stable		Id: 1/1



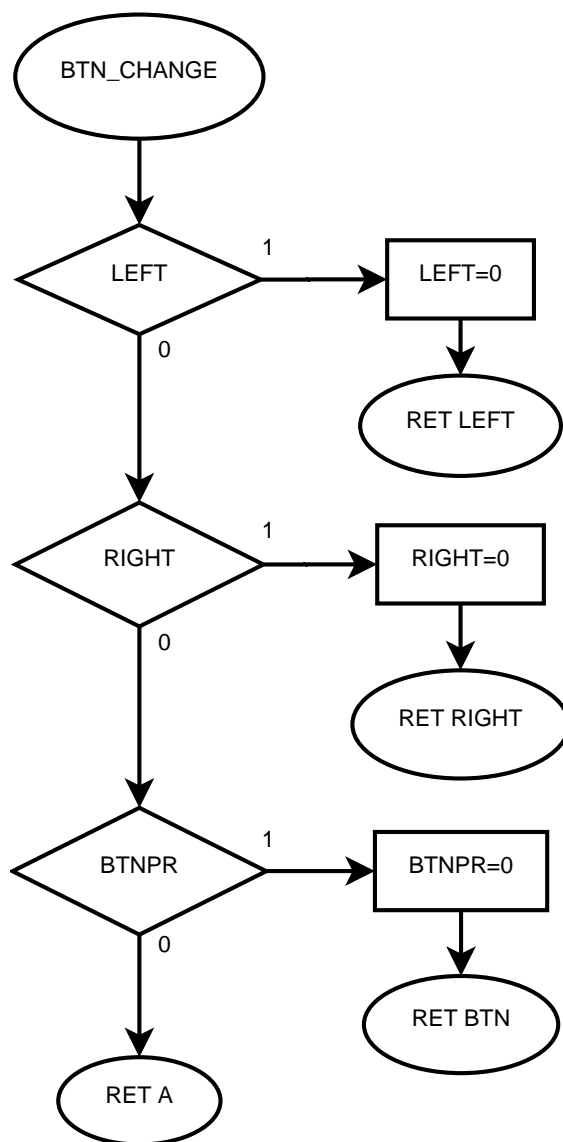
File: Mikrofon.brd		
Sheet: 1/1		
Title:		
Size: A4	Date: 13 apr 2011	Rev:
KICad E.D.A. pcbnew (2011-03-30 BZR 2932)-stable		Id: 1/1



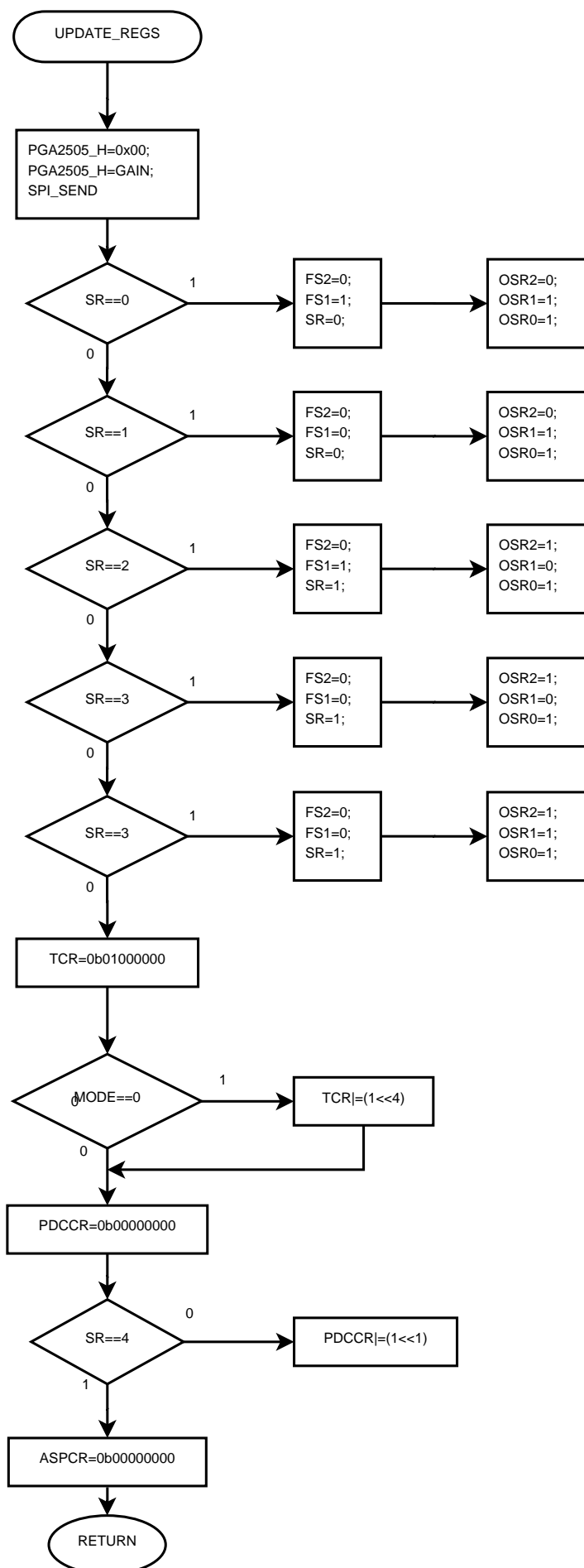
A.1.4 Vývojové diagramy řídicí aplikace

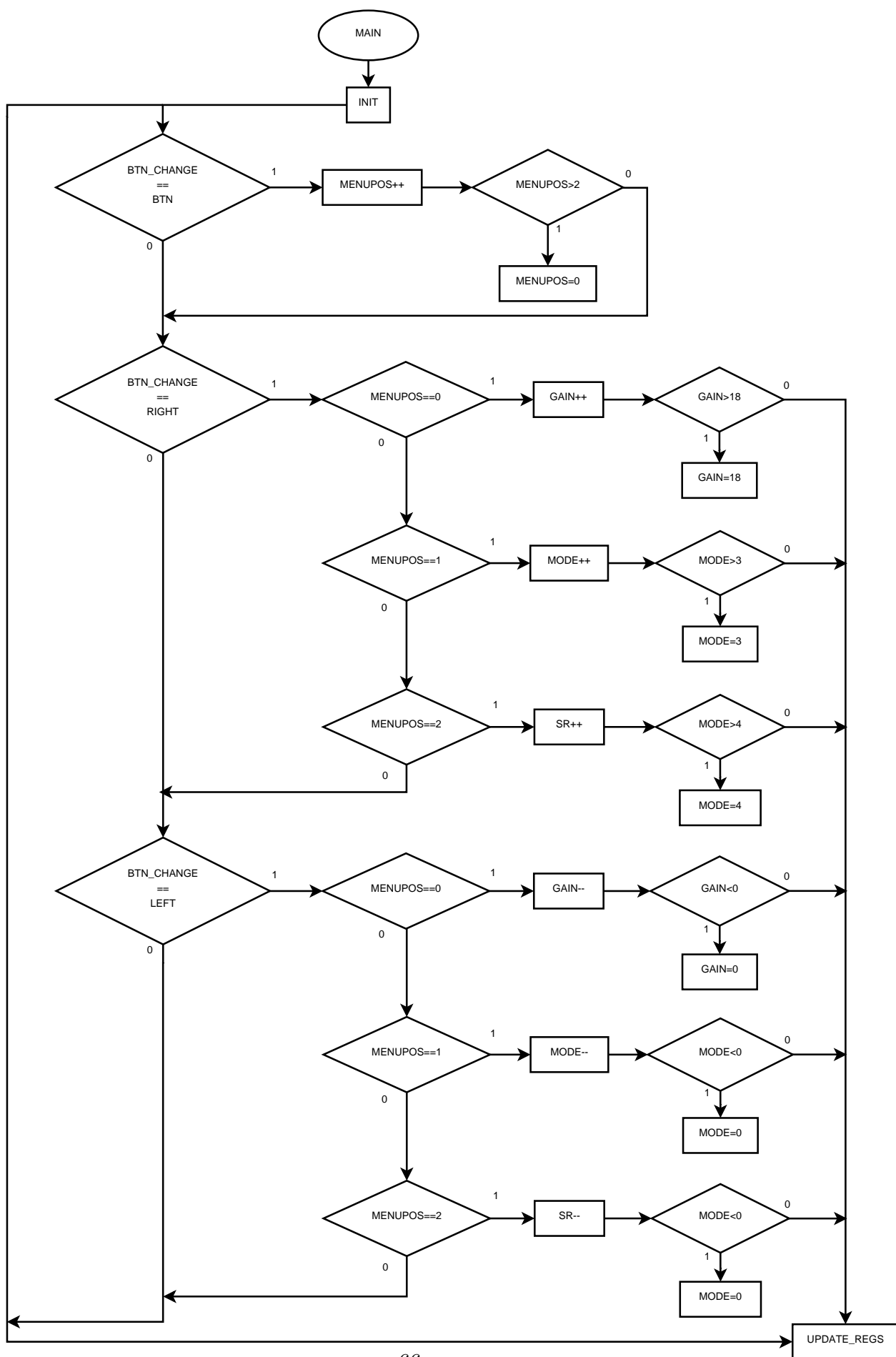


Obr. A.1: Vývojový diagram pro obsluhu přerušení



Obr. A.2: Vývojový diagram pro řízení přerušení ovládacího prvku





A.1.5 Rozpiska součástek

Značka součástky	Hodnota součástky
C1	100n
C2	4,7u
C3	100n
C4	4,7u
C5	1u
C6	1u
C7	100n
C8	100n
C9	4,7u
C10	4,7u
C11	2n
C12	1n
C13	1n
C14	1n
C15	10u
C16	10u
D1	LED
D2	MBRA120LT3
D3	MBRA120LT3
D4	MBRA120LT3
D5	MBRA120LT3
K1	XLR3
P1	40 pinovový konektor
Q1	BSS138
R1	100R
R2	1k
R3	1k
R4	2k
R5	6,81k
R6	6,81k
R7	180R
R8	180R
<i>Pokračování na další straně</i>	

<i>Pokračování z předcházející strany</i>	
Značka součástky	Hodnota součástky
R9	20k
R10	1k
R11	1k
R12	1k
R13	1k
R14	2k
SW1	trojpolový čtyřpolohový otočný přepínač
SW2	trojpolový čtyřpolohový otočný přepínač
SW3	trojpolový čtyřpolohový otočný přepínač
SW4	trojpolový čtyřpolohový otočný přepínač
SW5	trojpolový čtyřpolohový otočný přepínač
SW6	trojpolový čtyřpolohový otočný přepínač
SW7	trojpolový čtyřpolohový otočný přepínač
SW8	trojpolový čtyřpolohový otočný přepínač
SW9	trojpolový čtyřpolohový otočný přepínač
SW10	trojpolový čtyřpolohový otočný přepínač
SW11	trojpolový čtyřpolohový otočný přepínač
SW12	trojpolový čtyřpolohový otočný přepínač
SW13	dvoupolový dvouipolohový otočný přepínač
SW14	dvoupolový dvouipolohový otočný přepínač
SW15	dvoupolový dvouipolohový otočný přepínač
SW16	dvoupolový dvouipolohový otočný přepínač
SW17	dvoupolový dvouipolohový otočný přepínač
SW18	dvoupolový třipolohový otočný přepínač
SW19	dvoupolový třipolohový otočný přepínač
SW20	dvoupolový třipolohový otočný přepínač
SW21	dvoupolový třipolohový otočný přepínač
SW22	dvoupolový třipolohový otočný přepínač
U1	PGA2505

Tab. A.1: Rozpiska součástek mikrofonního modulu

Značka součástky	Hodnota součástky
C1	100n
<i>Pokračování na další straně</i>	

<i>Pokračování z předcházející strany</i>	
Značka součástky	Hodnota součástky
C2	100n
C3	100n
C4	100n
C5	27p
C6	27p
C7	100n
C8	100n
C9	100n
C10	100n
C11	100n
C12	100n
C13	27p
C14	27p
C15	100n
C16	100n
C17	100n
IC1	ATMEGA16-A
P1	40 pinový konektor
R1	8k2
R2	1k
R3	1k
SW1	P-RE20S
Tr1	TOTX173
U1	PCM1804
U2	DIT4192
U3	PLL1707
X1	4,3Mhzkrystal
X2	27Mhzkrystal

Tab. A.2: Rozpiska součástek analogově-číslicovo převodníka

Značka součástky	Hodnota součástky
BT1	10ks AA akumulátorů
C1	47u
<i>Pokračování na další straně</i>	

<i>Pokračování z předcházející strany</i>	
Značka součástky	Hodnota součástky
C2	47u
C3	470u
C4	470u
C5	47u
C6	47u
C7	47u
C8	470u
C9	470u
C10	470u
C11	22u
C12	100n
C13	82p
C14	820p
C15	220n
C16	470p
C17	10u
C18	33u
D1	1N5819
D2	1N5819
D3	1N5819
D4	1N5819
D5	1N5819
D6	RF071M2S
L1	1000u
L2	1000u
L3	1000u
L4	1000u
L5	1000u
L6	270u
L7	39u
P1	40 pinový konektor
Q1	BSC340N08NS3
R1	80,6k
R2	18,7k
<i>Pokračování na další straně</i>	

<i>Pokračování z předcházející strany</i>	
Značka součástky	Hodnota součástky
R3	100k
R4	28,7k
R5	100R
R6	10k
R7	365k
R8	10k
U1	LM2575S-5.0
U2	LM2575S-5
U3	LM2575S-5.0
U4	LM2575S-3.3
U5	LM2575S-5.0
U6	LM3481

Tab. A.3: Rozpiska součástek modulu napájení